



Thèse / Thesis

requis pour
l'obtention du Titre

submitted
for the Degree of

Master of Science

**EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LA
CALIDAD DE LA CARNE DE VACUNO
EN LA IGP "CARNE DE ÁVILA"**

Mohammed Amine HACHEMI

Zaragoza, octubre 2015

**Institut Agronomique Méditerranéen de
Mediterranean Agronomic Institut of
Zaragoza**

**Université de Zaragoza
*University of Zaragoza***

**Fondation Espagnole pour le Développement
de la Nutrition Animale
*Spanish Foundation for the Development of Animal Nutrition***

CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS
MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

Efecto de la alimentación sobre la calidad de la carne de vacuno
en la IGP “Carne de Ávila”

Mohammed Amine HACHEMI

Este trabajo ha sido llevado a cabo en el Departamento de Producción
Animal y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la
Universidad de Zaragoza, bajo la supervisión del

**Dr. José Luis OLLETA CASTAÑER y Dra. María del Mar
CAMPO ARRIBAS**

Octubre 2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Allah, por darme la salud y la oportunidad de aprender.

*Un agradecimiento especial a mis directores de tesis **Dr. José Luis OLLETA** y **Dra. Marimar Campo**, por sus profesionalidades, sus consejos, sus disciplinas y sus amabilidades. Por estar siempre pendiente y por sus realismo en el trabajo*

Al Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza y al Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Zaragoza por el apoyo financiero, académico y técnico

Al proyecto 20130020000829 financiado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

A la Asociación Española de Raza Avileña-Negra Ibérica

*A **Carlos Sañudo**, por su continuo apoyo y alegría*

*A mi grupo de investigación **Miguel B.**, **Dani R.**, **Marta B.**, **Virginia**, **R** y especialmente a **Julia P.** sin olvedar a **Leonardo**, **Tetziana**, **Aline** y **Renata***

*A mis Amigos del IAMZ **Anouar, B.**, **Mohamed.G** y **Zino***

*A mis queridos amigos **Said M.**, **Brahim B.**, **Mahrez B.** y **Hanafi B***

*En la parte más personal a mi padre **Hocine H.**, mi madre **Fatima D.**, mi hermanos **Islam** y **Abdelali** y mi hermanas **Ismahan**, **Asma** y su marido **Rabie** a quien debo todo el éxito que he realizado, por su continuo apoyo, mensajes de ánimo y envío de fuerzas constante*

....De todo corazón, muchísimas gracias.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO | I |
| ÍNDICE GENERAL | III |
| ÍNDICE DE TABLAS | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XI |
| RESUMEN | XIII |
| ABSTRACT | XV |
| RÉSUMÉ | XVII |
| ABREVIATURAS | XIX |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 1. CALIDAD DE CARNE..... | 7 |
| 1.1. Concepto de calidad de carne..... | 7 |
| 1.2. Calidad nutricional de la carne..... | 8 |
| 1.3. Calidad instrumental..... | 10 |
| 1.3.1. Oxidación lipídica..... | 10 |
| 1.3.2. Color..... | 12 |
| 1.3.3. Capacidad de retención de agua..... | 15 |
| 1.3.4. Textura..... | 17 |
| 1.4. Calidad sensorial..... | 20 |
| 2. EFECTO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN..... | 24 |
| 2.1. Oxidación lipídica..... | 26 |
| 2.2. Color..... | 27 |
| 2.3. Textura..... | 28 |
| 2.4. Capacidad de retención de agua..... | 29 |
| 3. EFECTO DE LA MADURACIÓN Y DEL TIPO DE ENVASE..... | 30 |
| 3.1. Oxidación lipídica..... | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2. Color..... | 32 |
| 3.3. Textura..... | 33 |
| 3.4. Calidad sensorial..... | 34 |
| 4. EFECTO MÚSCULO..... | 35 |
| 4.1. Color..... | 35 |
| 4.2. Textura..... | 37 |
| OBJETIVOS..... | 39 |
| MATERIAL y MÉTODOS..... | 43 |
| 1. ANIMALES Y ALIMENTACIÓN..... | 45 |
| 2. SACRIFICIO..... | 46 |
| 3. MUESTREO..... | 47 |
| 4. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO..... | 47 |
| 5. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS..... | 48 |
| 6. ANÁLISIS DE OXIDACIÓN LIPÍDICA (TBA)..... | 49 |
| 7. COLOR..... | 50 |
| 8. TEXTURA..... | 50 |
| 9. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)..... | 51 |
| 10. ANÁLISIS VISUAL DE CONSUMIDORES..... | 52 |
| 11. ANÁLISIS DE CONSUMIDORES..... | 52 |
| 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 54 |
| RESULTADOS y DISCUSIÓN..... | 57 |
| 1. RESULTADOS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE CANAL..... | 59 |
| 2. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO..... | 60 |
| 3. ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS..... | 63 |
| 4. ANÁLISIS DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA (TBA)..... | 68 |
| 5. COLOR..... | 73 |
| 6. TEXTURA..... | 77 |
| 7. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)..... | 81 |
| 8. APRECIACIÓN VISUAL..... | 90 |
| 9. ANÁLISIS DE CONSUMIDORES..... | 97 |
| 10. RESULTADOS RELATIVOS A LA ENCUESTA REALIZADA..... | 98 |

| | | |
|--------------------------|--|------------|
| 10.1. | Descripción de la muestra..... | 98 |
| 10.2. | Frecuencia de consumo, de cortes y usos de la carne de vacuno..... | 100 |
| 10.3. | Conocimiento, compra y grado de importancia de marcas de calidad..... | 101 |
| 10.4. | Importancia del sistema de producción en la carne de vacuno..... | 103 |
| CONCLUSIONES..... | | 105 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 109 |
| ANEXOS..... | | 137 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características de los principales tipos de fibras musculares..... | 38 |
| Tabla 2. Composición en ingredientes y nutrientes de las dietas durante el cebo..... | 43 |
| Tabla 3. Perfil de ácidos grasos (% ácidos grasos totales) de las dietas de cebo..... | 44 |
| Tabla 4. Parámetros productivos y de canal de añajos de raza Avileña-Negra Ibérica con diferentes tipos de alimentación..... | 60 |
| Tabla 5. Nivel de significación de los factores alimentación y músculo sobre la composición química..... | 62 |
| Tabla 6. Composición química de los tres músculos (LD, ST y PP) de animales acabados con pienso y silo de maíz..... | 62 |
| Tabla 7. Ácidos grasos identificados (% de ácidos grasos totales) y significación de los efectos en análisis GLM para los sumatorios de AG de la grasa intramuscular de los tres músculos..... | 65 |
| Tabla 8. Sumatorios de AG, relaciones e índices nutricionales de la grasa intramuscular del LD..... | 67 |
| Tabla 9. Nivel de significación de la oxidación lipídica del músculo LD..... | 71 |
| Tabla 10. Oxidación lipídica del músculo LD de animales alimentados con pienso o silo de maíz, envasada en MAP o vacío a lo largo del tiempo de exposición..... | 71 |
| Tabla 11. Nivel de significación de la oxidación lipídica del músculo ST..... | 71 |
| Tabla 12. Oxidación lipídica del músculo ST de animales alimentados con pienso o silo de maíz y envasada en MAP o vacío a lo largo del tiempo de exposición..... | 72 |
| Tabla 13. Nivel de significación de la oxidación lipídica del músculo PP..... | 72 |
| Tabla 14. Oxidación lipídica del músculo PP de animales alimentados con pienso o silo de maíz y envasada en MAP o vacío a lo largo del tiempo de exposición..... | 72 |
| Tabla 15. Principales efectos significativos sobre los parámetros de color, textura y CRA del músculo LD..... | 83 |
| Tabla 16. Parámetros de color, textura y CRA en músculo LD de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado en MAP o en vacío durante 0, 7 y 14 días tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 84 |
| Tabla 17: Principales efectos significativos sobre los parámetros de color, textura y CRA del músculo ST..... | 85 |

| | |
|--|----|
| Tabla 18. Parámetros de color, textura y CRA en músculo ST de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado en MAP o en vacío durante 0, 7 y 14 días, tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 86 |
| Tabla 19: Principales efectos significativos sobre los parámetros de la textura y CRA del músculo PP..... | 87 |
| Tabla 20. Parámetros de textura y CRA en el músculo PP de animales alimentados con pienso o silo envasados en vacío durante el periodo de exposición (0 y 14 días) tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 87 |
| Tabla 21. Principales efectos significativos sobre los parámetros de textura de los músculos LD y ST..... | 88 |
| Tabla 22. Parámetros de textura en los músculos LD y ST de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado durante 0, 7 y 14 días, tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 88 |
| Tabla 23. Principales efectos significativos sobre los parámetros de textura de los tres músculos..... | 89 |
| Tabla 24. Parámetros de textura en los músculos LD, ST y PP de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado durante 0 y 14 días, tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 89 |
| Tabla 25. Nivel de significación de los efectos de alimentación (pienso vs silo), tipo de envase (MAP vs film) y día de exposición (8 días) sobre la apreciación visual por los consumidores..... | 91 |
| Tabla 26. Nivel de significación y notas de la evaluación visual por los consumidores de la carne de LD expuesta en MAP o film de los animales alimentados con pienso o silo tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 92 |
| Tabla 27. Nivel de significación y notas de la evaluación visual por los consumidores de la carne de ST expuesta en MAP o film de los animales alimentados con pienso o silo tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 93 |
| Tabla 28. Nivel de significación y notas de la evaluación visual por los consumidores de la carne de PP en MAP o film de los animales alimentados con pienso o silo tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío..... | 94 |
| Tabla 29. Efecto (nivel de significación) de la dieta (pienso vs silo) y tipo de envase (MAP vs vacío) sobre la aceptabilidad general (ACEPT), de la terniza y del sabor de la carne del LD..... | 97 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 30. Efecto (nivel de significación) de la dieta (pienso vs silo) y tipo de envase (MAP vs vacío) sobre la aceptabilidad general (ACEPT), de la terneza y del sabor de la carne del ST..... | 97 |
| Tabla 31. Efecto (nivel de significación) de la dieta (pienso vs silo) y tipo de envase (MAP vs vacío) sobre la aceptabilidad general (ACEPT), de la terneza y del sabor de la carne del PP..... | 97 |
| Tabla 32. Frecuencia de consumo de carne de diferentes especies (% de consumidores)..... | 100 |
| Tabla 33. Frecuencia de consumo de carne de vacuno de diferentes cortes..... | 101 |
| Tabla 34. Frecuencia de consumo de carne de vacuno de diferentes tipos..... | 101 |
| Tabla 35. Frecuencia de compra de carne de vacuno en diferente tipo de envase..... | 101 |
| Tabla 36. Frecuencia de conocimiento y de compra de diferentes marcas de carne de vacuno..... | 102 |
| Tabla 37. Consumidores (%) que pagarían más por carne de vacuno con marca de calidad (%)..... | 102 |
| Tabla 38. Consumidores (%) que opinan que la carne dentro de una Indicación Geográfica Protegida tiene mejor sabor..... | 102 |
| Tabla 39. Consumidores (%) que se fijan en la marca al comprar carne de vacuno.... | 102 |
| Tabla 40. Consumidores (%) que prefieren la carne de vacuno de animales alimentados con pasto..... | 103 |
| Tabla 41. Consumidores (%) que se fijan en el sistema de producción al comprar carne de vacuno (%)..... | 103 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Esquema de los diferentes estados de óxido-reducción de la mioglobina..... | 13 |
| Figura 2 (a) Esquema de la célula original de cizallamiento de Warner-Bratzler | |
| (b) Versión actualizada de la célula de Warner-Bratzler..... | 19 |
| Figura 3. Representación esquemática de las tres configuraciones posibles de un ensayo de compresión..... | 20 |
| Figura 4. Sección del músculo LD para los diferentes análisis..... | 47 |
| Figura 5. Porcentaje de consumidores que compran la carne de LD expuesta durante la maduración en film o MAP de los animales alimentados con pienso o silo..... | 95 |
| Figura 6. Porcentaje de consumidores que compran la carne de ST expuesta durante la maduración en film o MAP de los animales alimentados con pienso o silo..... | 95 |
| Figura 7. Porcentaje de consumidores que compran la carne de PP expuesta durante la maduración en film o MAP de los animales alimentados con pienso o silo..... | 96 |
| Figura 8 Distribución por edad de la muestra..... | 98 |
| Figura 9 Nivel de estudios de la muestra..... | 99 |
| Figura 10. Variación de la renta neta en el hogar (%)..... | 99 |

RESUMEN

Con el objetivo de lograr un producto atractivo y de calidad diferenciada y garantizada de la IGP Carne de Ávila para el consumidor, de un lado, y de otro lado optimizar y maximizar la rentabilidad para el ganadero, se han utilizado 24 machos añejos de la raza Avileña-Negra Ibérica, para estudiar el **efecto de la alimentación** (12 se alimentaron con una mezcla de ensilado de maíz (70%) y núcleo proteico (30%); lote SILO, y 12 recibieron concentrado y paja; lote PIENSO) durante el periodo de cebo, **el efecto de la maduración** (7, 14 y 21 días) y **el efecto del envasado** (MAP y Vacío) sobre la calidad nutricional, instrumental y sensorial de la carne de tres músculos *longissimus dorsi* (LD; lomo), *semitendinosus* (ST; redondo) y *pectoralis profundus* (PP; falda).

La utilización de silo de maíz como alternativa al concentrado convencional durante el periodo de cebo no alteró los parámetros productivos en cuanto a la ganancia media diaria (GMD), el rendimiento canal y engrasamiento, aunque se observa una tendencia a una menor conformación en las canales de animales que reciben silo de maíz. La composición química, la grasa intramuscular y la oxidación lipídica fueron similares en ambas dietas en los tres músculos, a excepción de una menor oxidación en la carne del lote SILO tras 7 días de exposición en MAP en la carne de LD y PP. En cuanto al perfil de la carne de LD, el silo mejora el contenido de la carne en los ácidos grasos (AG) *n*-3, ácido linoleico conjugado (CLA) y el ratio *n*-6/*n*-3 pero disminuye los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y aumenta los ácidos grasos saturados (AGS). Al mismo tiempo mejora el contenido en los AG *n*-3, ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y la relación *n*-6/*n*-3 pero disminuye los AGMI sin afectar a los CLA en los músculos ST y PP. En el color de la carne de los músculos LD y ST, el silo aumenta la luminosidad (L^*) (36,92 vs 35,95), disminuye el índice de rojo (a^*) (9,36 vs 10,39) y tiende a disminuir el Chroma. La textura y la CRA de la carne de los músculos ST y PP no están afectadas por el tipo de alimento, pero el LD de los animales del lote SILO tiene menor dureza y compresión al 20%, con tendencia a aumentar las pérdidas por cocción. En relación a la calidad sensorial, el silo de maíz mejora la ternura y el sabor en los tres músculos, aumentando además un día la aceptación visual de la carne del LD a la hora de compra.

La carne expuesta en MAP tiene un mejor color que provoca una mejor aceptabilidad visual, pero la textura se ve afectada negativamente en la pieza de redondo al igual que la oxidación en la pieza de lomo si se conserva más de 7 días y, como consecuencia, se alteran la terneza y el sabor apreciados por los consumidores. Aunque la carne envasada al vacío estabiliza la oxidación y proporciona una atmósfera apropiada para el proceso de tenderización, sin embargo no produce un color atractivo para el comprador.

SUMMARY

With the aim on one side to achieve an attractive product, differentiated and guaranteed quality of the label 'PGI Carne de Ávila' for the consumer, and on the other side, to optimize and maximize profitability for the farmer, 24 males of the breed Avileña-Negra Ibérica have been used. Half of the animals were fed a mixture of silage (70%) and concentrate (30%) (SILO batch) and the other half concentrate and cereal straw (PIENSO batch) during the fattening period to assess the effect of feeding, the effect of ageing (7, 14 and 21 days) and the effect of packaging (modified atmosphere, MAP, and vacuum packaging) on nutritional, sensory and instrumental meat quality of three muscles *longissimus dorsi* (LD), *semitendinosus* (ST) and *pectoralis profundus* (PP).

The use of corn silage as an alternative to conventional concentrate during the fattening period did not alter production parameters concerning average daily gain, carcass yield and fatness, although there is a trend to a lower conformation of the carcass of animals receiving corn silage. The chemical composition, intramuscular fat and lipid oxidation were similar in both diets in the three muscles, except for a minor oxidation in the meat of SILO after 7 days of display in MAP for LD and PP. Regarding the fatty acid profile of LD muscle, the silo improves meat content in the *n*-3 fatty acids, conjugated linoleic acid (CLA) and the ratio *n*-6/*n*-3, but decreases monounsaturated fatty acids (MUFA) increasing saturated fatty acids. At the same time, silo improves the content in *n*-3 fatty acids, polyunsaturated fatty acids and the ratio *n*-6/*n*-3 but decreases MUFA without affecting the CLA in the PP and ST muscles. In the meat colour of LD and ST muscles, the silage increases the lightness (36.92 vs. 35.95), reduces redness (9.36 vs. 10.39) and tends to reduce the Chroma. The type of diet does not affect the texture and water holding capacity of meat for ST and PP muscles, but the LD of animals in SILO has lower toughness and load at 20 % compression, with a tendency to increase cooking losses. In relation to the sensory quality, corn silage improved tenderness and flavour in the three muscles, extending one day the visual acceptability of the LD at purchasing.

Meat exposed in MAP has a better colour resulting in better visual acceptability, but the texture is adversely affected in the ST, the same as the lipid oxidation in LD piece if stored for more than 7 days. Therefore, tenderness and taste acceptability by

consumers are altered. Although the meat in vacuum packaging stabilizes oxidation and provides a proper atmosphere for the tenderizing process, it does not show an attractive colour for the consumer.

RÉSUMÉ

Afin d'obtenir une viande de qualité différenciée et attractive de la «IGP carne de Ávila» pour le consommateur, d'une part, et d'autre part optimiser et maximiser la rentabilité de l'élevage. On a utilisé 24 taurillons de la race «Avileña-Negra Ibérica», pour étudier l'effet de l'alimentation durant la période de l'engraissement (12 se sont alimentés par un mélange d'ensilage de maïs (70%) et un complément protéique (30%) ; lot de SILO, et 12 ont reçu concentré et de la paille ; lot de PIENSO), l'effet de la maturation (7, 14 et 21 jours) et l'effet de conditionnement (MAP et sous vide) sur la qualité nutritionnelle, instrumentale et sensorielle de la viande de trois muscles, longissimus dorsi (LD), Semitendineux (ST) et pectoral profond (PP).

L'utilisation de l'ensilage de maïs comme une alternative au concentré conventionnelle au cours de la période de l'engraissement n'altérerait pas les paramètres de production en termes de gain quotidien moyen (GMQ), performances de la carcasse et l'engraissement, mais une faible conformation est observée dans les carcasses des animaux qui reçoivent le silo de maïs. La composition chimique, la graisse intramusculaire et l'oxydation des lipides étaient similaires dans la viande des deux lots pour les trois muscles, à l'exception d'une faible oxydation pour la viande des muscles LD et PP de lot de SILO après 7 jours d'exposition en MAP. Quant au profil de la viande de muscle LD, le silo améliore la teneur des acides gras (AG) *n*-3, l'acide linoléique conjugué (CLA) et le rapport des acides gras *n*-6/*n*-3, mais diminue les acides gras monoinsaturés (AGMI) et augmente les acides gras saturés. En parallèle améliore la teneur en AG *n*-3, des acides gras polyinsaturés (AGPI) et la ration *n*-6/*n*-3, mais diminue la AGMI sans affecter le CLA dans la viande des muscles PP et ST. En ce qui concerne la couleur de la viande des muscles LD et ST, le silo augmente la luminosité (L^*) (36.92 vs 35.95), diminue l'indice de rouge (a^*) (9.36 vs 10.39) et tend à diminuer le Chroma. La texture et la capacité de rétention de l'eau de la viande des ST et PP ne sont pas affectés par le type d'aliments, mais la viande de LD des animaux de silo a une dureté et compression de 20% inférieure, avec une tendance à des pertes de l'eau par cuisson élevé. Par rapport à la qualité sensorielle, le silo de maïs améliore la tendreté et la saveur dans les trois muscles, en plus augmente un jour l'acceptation visuelle de la viande du LD au moment d'achat.

La viande exposée en MAP a une meilleure couleur qui génère une meilleure acceptabilité visuelle, mais la texture est affectée négativement dans la pièce de rond tout comme l'oxydation dans la pièce d'échine si on conserve plus de 7 jours et par conséquent, altère la tendreté et le goût appréciés par les consommateurs. Bien que la conservation de la viande sous vide stabilise l'oxydation et fournisse une atmosphère appropriée pour le processus de l'attendrissement, toutefois, il ne produit pas une couleur attrayante pour l'acheteur.

ABREVIATURAS

| | |
|--|---|
| a* | Índice de rojo |
| AG | Ácidos grasos |
| AGMI | Ácidos grasos monoinsaturados |
| AGPI | Ácidos grasos poliinsaturados |
| AGS | Ácidos grasos saturados |
| b* | Índice de amarillo |
| C* | Croma |
| CIE | Comisión internationale de iluminación (Commission internationale de l'éclairage) |
| CLA | Ácido linoleico conjugado |
| CRA | Capacidad de retención de agua |
| DEC R ₆₃₀ -R ₅₈₀ | Decoloración |
| GLM | Modelo lineal general |
| GMD | Ganancia media diaria |
| h* | Tono |
| IA | Índice de aterogeneidad |
| IC | Índice de compacidad |
| IGP | Indicación geográfica protegida |
| IT | Índice de trombogeneidad |
| Kcal | kilocaloría |
| kJul | kilojulios |
| KOH | Hidróxido potásico |
| L* | Luminosidad |
| LD | <i>longissimus dorsi</i> |
| MAP | Atmósfera modificada (Modified Atmosphere Packaging) |
| MDA | Malondialdehído |

| | |
|---------------|--|
| μL | Microlitro |
| min | Minutos |
| N | Newton |
| <i>n</i> -3 | Ácidos grasos de la familia ω -3 |
| <i>n</i> -6 | Ácidos grasos de la familia ω -6 |
| °C | Grado centígrado |
| PP | <i>Pectoralis profundus</i> |
| RMSE | Raíz cuadrada de la varianza |
| S/P | Índice de saturación |
| SEUROP | Superior, Excelente, Muy buena, Buena, Menos buena, Mediocre |
| SOD | Superóxido dismutasa |
| ST | <i>Semitendinosus</i> |
| TBA | Ácido tiobarbitúrico |
| TCA | Ácido Tricloroacético |
| WB | Warner-Bratzler |

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION

Son muchas las crisis que han afectado en tiempos recientes y afectan, en la actualidad, al ganado vacuno de carne, a sus producciones y a las razas autóctonas españolas.

El sector productor de carne de vacuno en España está experimentando una crisis de rentabilidad en los últimos años debido al elevado precio de la alimentación, como consecuencia del encarecimiento de ciertas materias primas destinadas o que compiten en la producción de biocombustibles, y al elevado coste de compra del ternero.

Los sistemas de producción en pastoreo o con forrajes tienen unos costes menores que las dietas basadas en piensos. Sin embargo, no siempre las condiciones agroclimáticas de una zona o la estructura de las explotaciones permiten que el ganado vacuno de cebo utilice forrajes de forma eficiente. Por ello, en España es muy frecuente el cebo de terneros basado en sistemas intensivos con piensos.

También influye el conseguir un grado de acabado demandado por los consumidores que estará determinado fundamentalmente por la raza, sexo, peso o edad y dieta. En trabajos realizados durante los últimos años con razas españolas y europeas se han confirmado que hay razas precoces como la Avileña – Negra Ibérica o la Angus y razas tardías como la Pirenaica o la Piamontesa en la deposición de grasa (Piedrafita et al., 2003, Albertí et al., 2005, Christensen et al., 2011).

Se prevé que se reduzca ligeramente el consumo de la carne y el mantenimiento de la demanda pasaría por ofrecer al consumidor una carne de mayor calidad, que aporte características que permitan diferenciarla, con un valor añadido.

La aparición progresiva de marcas pretenden garantizar la calidad del producto: calidad y seguridad pueden ser las claves del futuro. El consumidor ha evolucionado en sus criterios de demanda con arreglo a los alimentos.

Por otra parte, las tendencias de consumo le han dirigido hacia las carnes envasadas y tratadas en atmósferas modificadas. Esta tecnología ha supuesto un gran avance como método para incrementar la conservación de los alimentos.

El límite de la vida útil de la mayor parte de los alimentos envasados en estas atmósferas viene determinado por la intensidad de los procesos oxidativos. Estas reacciones ejercen una influencia decisiva en el deterioro de sus propiedades sensoriales (color, olor, sabor...).

Las carnes frescas, en especial las llamadas rojas, son un ejemplo de este comportamiento. La necesidad de incorporar oxígeno a la mezcla de gases de envasado para mantener el color rojo brillante de la carne da lugar a condiciones muy oxidantes. El aporte de ensilado puede ayudar a retrasar estos fenómenos a través de sustancias antioxidantes que posee.

En esta línea y en la realización de este trabajo se pretende ver el efecto que una alimentación alternativa como el ensilado de maíz puede tener sobre la calidad de la carne, analizando asimismo los resultados sobre su exposición en atmósfera modificada frente al vacío en músculos de distinta categoría.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. CALIDAD DE CARNE

1.1. Concepto de calidad de carne

La definición legal de carne en España, según el Código Alimentario Español (BOE, 1967) es la siguiente:

“Con la denominación genérica de carne se comprende la parte comestible de los músculos de los bóvidos, óvidos, suidos, cápridos, équidos y camélidos sanos, sacrificados en condiciones higiénicas. Por extensión, se aplica también a la de los animales de corral, caza de pelo y pluma y mamíferos marinos.

La carne será limpia, sana, debidamente preparada e incluirá los músculos del esqueleto y los de la lengua, diafragma y esófago, con o sin grasa, porciones de hueso, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de éste en el proceso de preparación de la carne.

Presentará olor característico y su color debe oscilar de blanco rosáceo al rojo oscuro, dependiendo de la especie animal, raza, edad, alimentación, forma de sacrificio y periodo de tiempo transcurrido desde que aquél fue realizado”.

La calidad según la Organización Internacional de Normalización (ISO) es la capacidad de un producto o servicio de satisfacer las necesidades declaradas o implícitas del consumidor a través de sus propiedades o características. De esta manera, la adecuación es definida por el usuario o consumidor. Pese a ello, como apunta Hernández-Gimeno (2002), es bastante relativo y subjetivo, lo cual es perceptible en los diferentes eslabones de la cadena productiva.

El concepto de calidad de carne ha cambiado en el tiempo donde ha pasado de una valoración cuantitativa (calidad de la canal) a una cualitativa que se refiere a una carne segura, nutritiva, saludable y, en estos últimos años, vinculada con el bienestar animal y el medio ambiente.

La calidad de la carne es un concepto complejo que depende de los hábitos y cultura de los consumidores, sin embargo los investigadores han llegado a establecer algunos parámetros (criterios) que tienen importancia relativa para los consumidores y las industrias cárnicas para la evaluación de la carne.

1.2. Calidad nutricional de la carne

La primera función de un alimento es la de cubrir las necesidades fisiológicas de los consumidores en cuanto a:

1.2.1. Proteína

Las proteínas son el componente más abundante de la carne, superado únicamente por el agua. La proporción de la proteína en carne cruda es 20- 25g/ 100g y en la carne cocinada es 28-36g/ 100g (Williams, 2007), debido a la pérdida de humedad durante el cocinado que implica un aumento de la materia seca. Las proteínas de la carne se dividen en: 50 a 55% miofibrilares, 30 a 35% sarcoplasmáticas y 10 a 15% formando parte del tejido conectivo (fundamentalmente colágeno) (Tornberg, 2005). La proteína muscular es una proteína de una digestibilidad muy elevada ocupando el tercer lugar tras la de leche y el huevo (Tome, 2012) y lleva aminoácidos esenciales con una proporción equilibrada.

1.2.2. El contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos

La grasa de la carne está compuesta fundamentalmente por triglicéridos, fosfolípidos, ácidos libres y esteroides (Varela, 2002). Los fosfolípidos, lípidos polares, se localizan principalmente en las membranas celulares. Sin embargo, los lípidos neutros que están formados principalmente por triglicéridos son los constituyentes de la grasa de reserva y los ácidos grasos libres se depositan en los adipocitos (De Smet *et al.*, 2004).

El contenido lipídico del principal componente de la carne, el músculo, consta fundamentalmente de lípidos estructurales y de depósito. Este depósito es lo que se conoce como marmoreado. La cantidad de triglicéridos que se encuentran en los lípidos estructurales es solo una pequeña parte de la grasa total intramuscular. Por tanto, lo que encontramos son fundamentalmente fosfolípidos, ya que son los principales componentes de las membranas celulares (Wood *et al.*, 2008).

La composición lipídica del tejido adiposo bovino puede verse afectada por varios factores como puede ser la edad, raza, sexo, posición anatómica y, especialmente, la dieta (De Smet *et al.*, 2004; Raes *et al.*, 2004). El contenido en fosfolípidos es más

constante y se ve menos afectado. Sin embargo, los triglicéridos pueden variar mucho en vacuno: desde 0.15 a más de 20 g/100 g de tejido fresco (Sasaki *et al.*, 2001; Albrecht *et al.*, 2006).

La mayoría de los ácidos grasos presentes en los triglicéridos son saturados y monoinsaturados, mientras que el contenido en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), especialmente el ácido linoleico y ácido α -linolénico, puede variar entre 2 y 30 g/100 g de ácidos grasos. Estos dos ácidos grasos sí que se ven afectados por la especie, puesto que son ácidos grasos esenciales que se incorporan a partir de la alimentación ya que no se pueden sintetizar por los mamíferos. La carne de vacuno contiene un 2-3% mientras que en la carne de cerdo los porcentajes son mayores (Gandemer, 1999).

La composición de la grasa intramuscular de la carne de vacuno no solo afecta a los aspectos nutricionales, también puede afectar a sus propiedades organolépticas y sensoriales (Oliver *et al.*, 2006). Los niveles altos de AGPI pueden producir alteraciones de ciertos sabores, debido a su mayor sensibilidad a la oxidación y la producción anormal de compuestos volátiles durante su cocinado (Wood *et al.*, 1999; Campo *et al.*, 2006).

El porcentaje de grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* en las razas españolas (Asturiana de los Valles, Avileña-Negra Ibérica, Morucha, Parda de Montaña, Pirenaica, Rubia Gallega, Retinta) oscila entre 0.94% y 3.15% (Campo *et al.*, 1999a; Insausti *et al.*, 2005) con una calificación de razas magras.

Las relaciones entre la grasa de la dieta y la incidencia de enfermedades humanas, en particular enfermedad cardiovascular, están bien establecidas. La carne de vacuno se considera como un alimento con un contenido excesivo de grasa y sobre todo una alta proporción de ácidos grasos saturados (AGS) cuya ingesta contribuiría a varias enfermedades humanas (Ursin *et al.*, 1993; Williams, 2000). La relación de los ácidos grasos $n-6/n-3$ es también un factor de riesgo en las enfermedades coronarias, especialmente la formación de coágulos sanguíneos que conducen a un infarto (Enser, 2001). Sin embargo, el consumo moderado de carne de vacuno permite una disminución del colesterol total, colesterol LDL y los triglicéridos (Beauchesne-Rondeau *et al.*, 2003). A pesar del mayor contenido en AGS respecto a otros alimentos de origen vegetal, está demostrado el alto contenido en otros micronutrientes, tales como vitamina B12, hierro y zinc, que hacen muy recomendable la inclusión en la dieta de carne roja

(Campo *et al.*, 2013). La incidencia de enfermedad cardiovascular y obesidad, otra enfermedad de gran incidencia en la población mundial, no se puede asociar a la ingesta de un único alimento, como es la carne de vacuno, sino a una conjunción de determinados factores, algunos más importantes que la alimentación, como son los factores genéticos y el estilo de vida (Hill y Melanson, 1999; WHO, 2004; Moreno y Rodríguez, 2007).

El interés en la composición de ácidos grasos de la carne se debe principalmente a la necesidad de encontrar formas para producir carne más saludable con una alta proporción AGPI/AGS y baja proporción $n-6/n-3$ (por debajo de 4). Al mismo tiempo, la proporción recomendada de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y ácidos grasos saturados debe estar por encima de 0,4 (Wood *et al.*, 2004).

1.2.3. Vitaminas y minerales

La carne de vacuno se ha considerado como una fuente de alto valor en micronutrientes como vitaminas (A, B6, B12, D, E) y minerales. Los principales minerales son el hierro (Fe) que entra en la constitución de la hemoglobina y la mioglobina (pigmentación roja), el zinc (Zn) que juega un papel importante en la defensa del organismo y la síntesis de la insulina y el selenio (Se) con su propiedad antioxidante (Biesalski, 2005; Williamsons *et al.*, 2005). La característica de estos minerales en la carne es su biodisponibilidad por su mayor absorción en comparación con otras fuentes.

1.3. Calidad instrumental

1.3.1. Oxidación lipídica

La oxidación lipídica es uno de los principales problemas asociados con el deterioro de la calidad de la carne (Maqsood y Benjakul, 2011). El sabor, el color, la textura y el valor nutricional pueden verse afectados negativamente.

Hay cuatro mecanismos que producen oxidación en los lípidos: foto-oxidación, oxidación enzimática, oxidación hidrolítica y auto-oxidación o rancidez. Esta última parece ser la principal causa del deterioro en los lípidos de la carne y es a la que

haremos referencia en nuestro estudio y que denominamos rancidez u oxidación lipídica (Raharjo y Sofos, 1993).

La estabilidad oxidativa del músculo depende del equilibrio entre antioxidantes, tales como la vitamina E, y prooxidantes, incluyendo ácidos grasos poliinsaturados (Kanner, 1994). Los ácidos grasos poliinsaturados de la carne están en los fosfolípidos de la membrana biológica, y son el sitio donde se inician cambios oxidativos (Vladimirov *et al.*, 1980). Numerosos factores afectan a la oxidación de lípidos incluyendo la luz, la temperatura y la presencia de enzimas y minerales (Skibsted *et al.*, 1998).

Es bien conocido que los ácidos grasos poliinsaturados son más propensos a la oxidación que los ácidos grasos monoinsaturados o saturados (Wood *et al.*, 2004) debido al mayor contenido en dobles enlaces que son más inestables que los enlaces simples.

La oxidación de lípidos produce radicales libres que afectan al sabor de la carne, estando asociada con la rancidez (Kamal-Eldin, 2003; Yuan H. Kim *et al.*, 2010). Existe una asociación de la oxidación lipídica y la oxidación de mioglobina. Zakrys *et al.* (2008) encontraron una correlación negativa entre la oxidación lipídica y la oximioglobina de - 0.89 y - 0.95 para niveles de O₂ del 80% y 50% respectivamente.

En el proceso de oxidación lipídica se incrementan los valores o componentes peróxidos, principalmente el malondialdehído (MDA), dando un color rojo cuando reacciona con el ácido tiobarbitúrico (Fernández, 1997). El valor umbral para que la rancidez no produzca un rechazo a nivel sensorial es variable, dependiendo de las especies (Younathan y Watts, 1959; Campo *et al.*, 2006). En carne vacuna un valor de 2,28 podría ser considerado como el umbral de limitación para la aceptabilidad de la oxidación y que correspondería la percepción de la rancidez como el sabor más dominante en la carne (Campo *et al.*, 2006) mientras que otros autores como McKenna *et al.* (2005) observaron un valor umbral de 1,0 mg MDA / kg como el punto de malos sabores que pueden ser detectados.

1.3.2. Color

El color es, en condiciones normales, el criterio de calidad más importante que influye sobre la decisión de compra del consumidor, afectando a su percepción de la frescura del producto (Renner, 1986; Issanchou, 1996). Además, se asocia subjetivamente a ciertas características de la carne; por ejemplo, en España, existe tendencia a pensar que la carne rosada es tierna, de animales jóvenes, y un color muy oscuro se asocia a una carne que ha perdido su frescura (Campana y Riordan, 1973).

El color de la carne está fundamentalmente ligado a la cantidad de pigmentos hemínicos, a su estado químico y al estado físico de otros componentes. El contenido de pigmentos hemínicos está establecido por diversos factores intrínsecos (especie, raza, sexo, músculo, edad...) y extrínsecos (ejercicio, alimentación) del animal (Renner, 1986).

Los pigmentos de la carne están formados casi exclusivamente por dos proteínas: la mioglobina (pigmento muscular) y la hemoglobina (pigmento sanguíneo). Si se produce un correcto desangrado, es la mioglobina el principal pigmento hemínico responsable del color de la carne, con el 80-90% de los pigmentos totales (Forrest *et al.*, 1979).

La función de la mioglobina en el músculo vivo es la captura y el almacenamiento del oxígeno adherido a la hemoglobina de la sangre, transportándolo hasta las células musculares. Su concentración es más alta en el músculo rojo oxidativo. Es considerada la principal contribuidora al color del músculo según su estado redox y concentración (Faustman *et al.*, 1996; Mancini y Hunt, 2005).

En la carne fresca, el grupo hemo de la mioglobina posee tres combinaciones posibles de estado de oxidación del hierro-tipo de ligando, que dan lugar a las tres formas de la mioglobina (Faustman, 1994):

- Cuando el hierro hemínico se encuentra en estado ferroso o reducido (Fe^{2+}) recibe el nombre de **desoximioglobina**.
- Si el hierro hemínico se encuentra reducido (Fe^{2+}) y se expone a una atmósfera con oxígeno disponible, se forma la **oximioglobina**.
- La oxidación del hierro hemínico (Fe^{3+}), junto con la unión de una molécula de agua, da lugar a la **metamioglobina**.

La forma de la mioglobina que predomina en la superficie de corte es la que determina el color percibido. En profundidad, en el interior de la carne, la mioglobina se dispone en forma de desoximioglobina, de color rojo mate, que es la forma que aparece inmediatamente tras el corte de la carne. Con la exposición al oxígeno de la atmósfera se produce la oxigenación de la desoximioglobina hasta alrededor de un centímetro de profundidad (Giddings, 1977). Se genera oximioglobina, de color rojo vivo, que es el color más apreciado por los consumidores. Con el paso del tiempo, sobreviene la oxidación de la oximioglobina y de la desoximioglobina, formándose metamioglobina, de color pardo. Esta coloración produce en muchas ocasiones un rechazo por parte de los consumidores (Figura 1). La estructura muscular también influye en el color de la carne como más o menos absorbe o refleja la luz y permite que el oxígeno penetre (Renerre *et al.*, 1993).

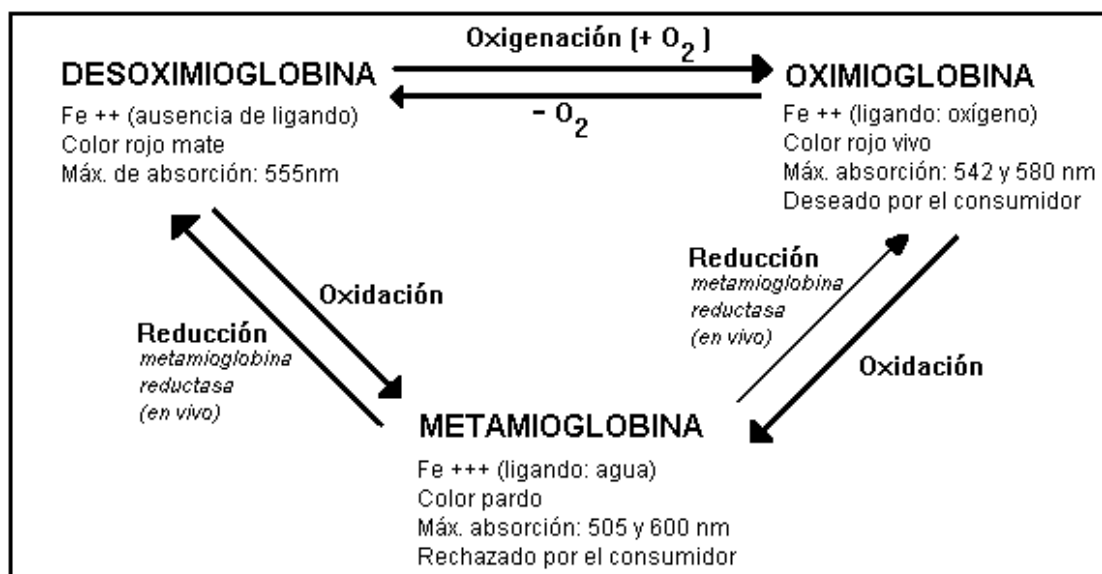


Figura1. Esquema de los diferentes estados de óxido-reducción de la mioglobina.
Fuente: Renerre (1981), Martínez-Cerezo (2005).

La medida del color de la carne se puede efectuar mediante métodos subjetivos y objetivos (Renerre, 1981; Panelay, 1985). En las técnicas objetivas, los juicios humanos se sustituyen por instrumentos de medida como colorímetros o espectrocolorímetros. Ambos trabajan con los índices L^* (luminosidad), a^* (índice de rojo) y b^* (índice de amarillo) del sistema CIE $L^* a^* b^*$ (CIE, 1986).

La coordenada a^* está relacionada con el contenido de mioglobina. La coordenada b^* ha sido relacionada con los distintos estados de la mioglobina.

Para definir el color de la carne son necesarios tres parámetros (Renerre, 1981; Albertí, 2000):

- Luminosidad (L^*) o claridad: permite comparar la cantidad de luz emitida por una muestra de carne con respecto a la expresada por un área similar, iluminada de la misma forma, que se perciba como blanco. Su escala va del blanco (100) al negro. Está relacionado con el estado físico de la carne, dependiente del pH final del músculo o de la estructura de las fibras musculares.
- Tono (h^*): atributo de la sensación visual según el cual el estímulo aparece similar a uno de los colores percibidos (rojo, amarillo, verde o azul) o a ciertas proporciones de dos de ellos. Está relacionado con el índice de rojo (a^*) e índice de amarillo (b^*) mediante la fórmula $\arctan(b^*/a^*)$. Está determinado por el estado químico de la mioglobina.
- Chroma (C^*) o saturación: colorido de la muestra de carne cuando se juzga en proporción a la luminosidad de un estímulo que aparece como blanco o transparente. Nos indica colores vivos o apagados. Se corresponde con la cantidad de mioglobina presente en el músculo. También supone una relación entre (a^*) y (b^*).

El tono es el desarrollo de color de rojo a amarillo y tonos más grandes indican un producto con menos cantidad de rojo y, según Liu *et al.* (1996), es un buen indicador de la estabilidad del color de la carne. Una disminución en C^* o saturación de color podría ser considerado un indicador de la acumulación de metamioglobina en la superficie de la carne y un punto de corte de 18 se ha utilizado como un indicador de final de vida útil (MacDougall, 1982) en animales mayores de dos años y que han sido criados en pastoreo. La reflectancia de la luz en longitudes de onda específicas se ha utilizado para calcular índices que estén relacionados con algunos de los compuestos que inciden directamente en el color de la carne. Así, la relación de reflectancia a 630 nm y 580 nm se utiliza para determinar la decoloración roja. Los autores proponen un valor $R_{630}-R_{580}$ de 12,5 como el límite por debajo del cual color de la carne se considera inaceptable (Renerre y Mazuel, 1985).

Hay una alta correlación entre pH y color de la carne y velocidad de decoloración (Lynch *et al.*, 2002) sobre todo con la luminosidad (L^*). Sin embargo, Page *et al.* (2001) informaron que el pH afecta al color por afectación del tono (h^*) más que por la luminosidad siendo más verde o azul con pH más elevados y más rojo o amarillo con pHs más bajos.

El color también puede estar afectado por el enfriamiento de la canal tras el sacrificio. En las canales más grasas la velocidad de enfriamiento es más lenta y, por tanto, el rigor mortis se consigue a temperaturas más altas. Una velocidad de enfriamiento más lenta afectaría a la caída de pH y podría ser responsable de las diferencias en el color de la carne (Young *et al.*, 1999; Farouk *et al.*, 2000).

La temperatura de la carne durante su maduración tiene una repercusión importante en la estabilidad del color, debido a un incremento en la autooxidación al aumentar la temperatura. El color rojo es más estable a temperaturas más bajas porque la ratio de oxidación del pigmento disminuye (Taylor, 1996).

1.3.3. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua tiene una fuerte repercusión en el desarrollo y en la apreciación de las características sensoriales, el valor nutritivo, en el valor comercial y en la aptitud tecnológica de la carne. La jugosidad de la carne está muy relacionada con este parámetro de calidad (Lawrie y Ledward, 2006); cuanto mayor es la capacidad para retener agua, más jugosa va a resultar la carne.

Una capacidad de retención de agua (CRA) baja genera pérdidas económicas a las industrias cárnicas debido a la pérdida de peso, afecta negativamente la apariencia de la carne por el consumidor y perjudica la calidad nutricional debido al exudado (Savage *et al.*, 1990). Este exudado contiene proteínas solubles en agua, proteínas sarcoplásmicas y otros micronutrientes.

El tejido muscular de los mamíferos recién sacrificados sin estar engrasados puede contener hasta un 75% de agua (Pedersen *et al.*, 2003) aunque ese porcentaje varía dependiendo de la especie y del músculo en cuestión (Lawrie, 1998). La mayoría de agua en el músculo se mantiene dentro de las miofibrillas, entre las miofibrillas, y entre las miofibrillas y la membrana celular (sarcolema) entre las células musculares

(Offer y Cousins, 1992). Hay tres fracciones de agua en el músculo, una bipolar que puede ser atraída por las moléculas cargadas como las proteínas (esta fracción no está afectada por la congelación), otra que está atrapada en el músculo y la última es el agua libre que está retenida por fuerzas mínimas.

Puolanne y Halonen (2010) en su revisión sobre retención de agua, relacionan la capacidad de retención de agua a las fuerzas electrostática, osmótica y capilar. Y los factores que afectan a la CRA están bien detallados por Den Hertog-Meischke *et al.*, 1997 o Cheng y Sun, 2015 que asocian la mayoría de estos factores al grado y la velocidad de disminución de pH en el periodo post mortem. También disminuye este valor con la edad (Wismer-Pedersen, 1994). Algunos autores han encontrado diferencias entre razas (Albertí *et al.*, 1995a). Así las razas con mayor ganancia media diaria presentan menor CRA.

Son varias las técnicas que se utilizan para medirla: pérdidas por descongelación, pérdidas por goteo (cantidad de agua que exuda de la carne sin aplicar fuerzas externas), jugo exprimible (por aplicación de una fuerza externa) o pérdidas por cocción. Sobre esta última hacemos un pequeño apartado.

Pérdidas por cocción

Las pérdidas por cocción se deben a la desnaturalización de proteínas inducida por el calor durante la cocción, la miosina (40-60°C), actina (66-73°C) y la contracción del colágeno (56-62°C) (Martens *et al.*, 1982), lo cual provoca una disminución de agua atrapada dentro de la estructura de las proteínas mantenidas por fuerza capilar, además de los cambios estructurales en cuanto al diámetro y la longitud del sarcómero (Palka y Daun, 1999) y la destrucción de las membranas celulares (Rowe, 1989).

Hay varios factores que afectan a la pérdida por cocción de productos cárnicos, incluyendo la calidad de la carne cruda, el tratamiento pre-cocinado (Aaslyng *et al.*, 2003; Oillic *et al.*, 2011), la técnica de cocinado (Lorenzo *et al.*, 2014), la velocidad de calentamiento (Cofrades *et al.*, 1997), la temperatura de cocción (Palka y Daun, 1999; Oillic *et al.*, 2011), y la temperatura final (Brewer y Brewer, 1999).

1.3.4. Textura

La textura de un alimento es una propiedad multidimensional que se define como el conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie de un producto, perceptibles por los mecano-receptores, los receptores táctiles y, en ciertos casos, los visuales y los auditivos (Norma Internacional ISO, 1992). En el caso de la carne, la textura se suele equiparar a la terneza (asociada a las propiedades mecánicas), si bien el concepto de textura es mucho más amplio puesto que engloba el conjunto de todas las sensaciones percibidas en la boca.

La textura de la carne es un parámetro muy importante para la satisfacción de la exigencia y la preferencia de los consumidores, sobre todo en carne de vacuno donde es la característica organoléptica que se valora en primer lugar durante el consumo (Koohmaraie y Geesink, 2006).

La terneza o dureza de la carne está influenciada por las proteínas del músculo, básicamente las del tejido conectivo (colágeno, elastina, reticulina), las miofibrilares (actina, miosina, tropomiosina), las sarcoplásmicas (Lawrie, 1998), la longitud de los sarcómeros, el pH y la retención de agua en la estructura miofibrilar, la dirección de las fibras dentro del músculo y su termoestabilidad y la distribución espacial del tejido conectivo (Hopkins y Taylor, 2004).

Su alta variabilidad puede atribuirse tanto a los factores relacionados con los animales, el entorno, el manejo pre sacrificio o la raza (Campo *et al.*, 1999b) (en un estudio de comparación entre 15 razas europeas Christensen *et al.* (2011) encontraron que las razas Avileña-Negra Ibérica y Pirenaica tuvieron una terneza más baja que la Simmental y Marchigiana), el sexo (Hanzelková *et al.*, 2011; Lucero-Borja *et al.*, 2014), la edad de sacrificio (Plessis y Hoffman, 2007; Velikt *et al.*, 2008), el peso de sacrificio (Lundesjö Ahnströmet *et al.*, 2012), el sistema de alimentación, el nivel de alimentación (Rezende *et al.*, 2012), el crecimiento compensatorio (Hansen *et al.*, 2006), la ganancia media diaria, la actividad física o el tiempo en el acabado (Dashdorj *et al.*, 2012), como a los factores tecnológicos, la maduración, el envasado, la temperatura y la técnica de cocción.

Koch *et al.* (1982) concluyeron que el 30% de variación de la terneza es debido a la genética y el 70% al entorno y manejo. Juárez *et al.* (2012) plantearon un 15% de la variabilidad de la terneza a la genética y el 70% a los factores post sacrificio.

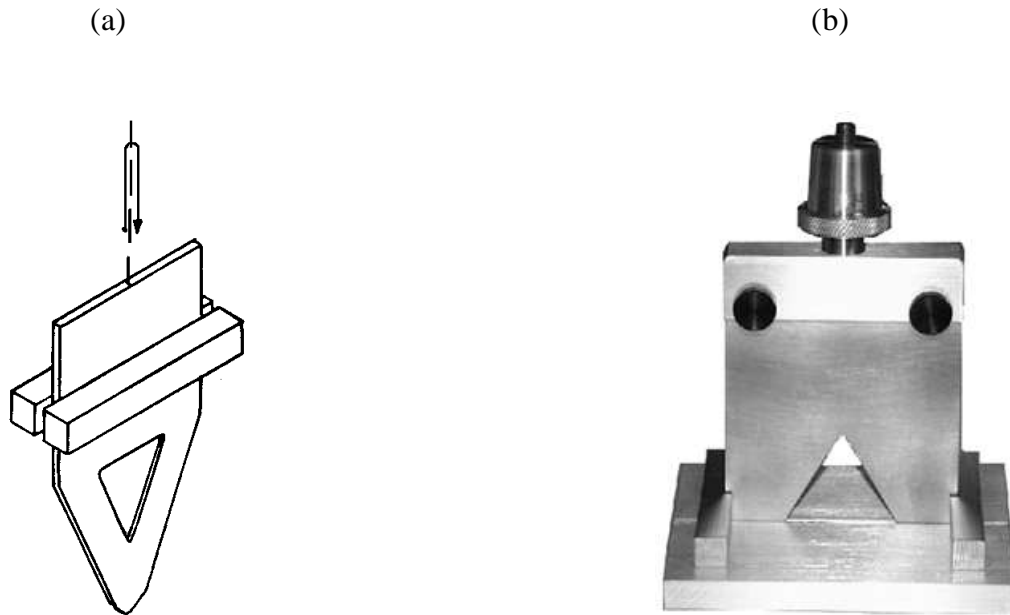
Por la característica de la fibra muscular (tamaño, tipo contráctil y metabólico), Chaze *et al.* (2013) encontraron una relación positiva de la terneza con la fibra lenta oxidativa y negativa con la fibra rápida glicolítica. Para Christensen *et al.* (2011) la textura de la carne cruda medida por compresión tiene una correlación positiva con el colágeno total e insoluble.

La grasa intramuscular se puede correlacionar linealmente con la textura evaluada instrumentalmente con el método de la compresión (Hopkins *et al.*, 2013). Nishimura *et al.* (2015) comentan que el depósito de la grasa en perimysio (tejido conectivo que rodea las fibras musculares) desorganiza el tejido conectivo y mejora la terneza de la carne de animales de raza Wagyu.

Otro indicador asociado a la terneza de la carne es la pérdida de agua, donde carnes que presentan mayor pérdida de agua, por lo general presentan una menor terneza (Dransfield, 1984).

La valoración directa de la terneza de la carne puede hacerse mediante un análisis sensorial, que veremos posteriormente, y/o con el empleo de diferentes técnicas instrumentales. De entre los métodos instrumentales puestos a punto para medir las propiedades mecánicas de la carne, el más ampliamente usado es el ensayo de cizallamiento de Warner-Bratzler, seguido de los ensayos de compresión (Lepetit y Culioli, 1994).

El método de cizallamiento de Warner-Bratzler (Figura 2) se encuadra dentro de los ensayos que se utilizan para medir parámetros que la experiencia práctica ha demostrado que se encuentran relacionados con la textura sensorial. La configuración más comúnmente utilizada es aquella en la que el corte de la cizalla es perpendicular a las fibras musculares. Bouton y Harris (1972) y Cross *et al.* (1973) mostraron que la fuerza máxima obtenida está muy relacionada con el componente miofibrilar de la carne, aunque previamente Salé (1971) sostuvo que cuando las miofibrillas están rígidas hay una participación del tejido conectivo. La energía necesaria para alcanzar la ruptura disminuye con la maduración, pero depende del contenido de colágeno (Kopp y Bonnet, 1982).

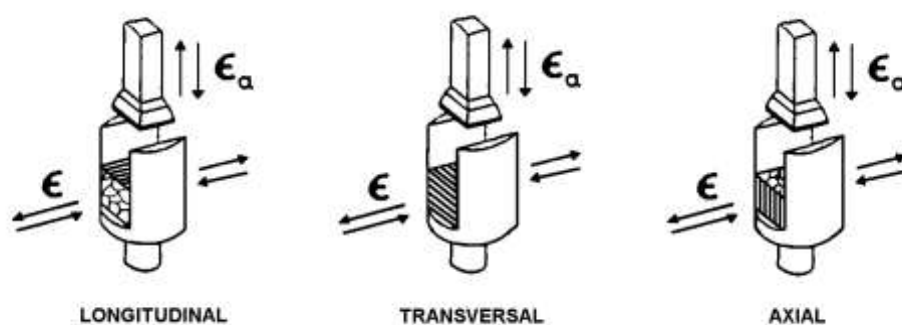


Fuente: Salé 1980

Fuente: www.texturetechnologies.com

Figura 2 (a) Esquema de la célula original de cizallamiento de Warner-Bratzler.
(b) Versión actualizada de la célula de Warner-Bratzler.

Los ensayos de compresión miden las propiedades reológicas fundamentales de los alimentos mediante la compresión de la muestra hasta un nivel de deformación determinado. De la gráfica fuerza-deformación resultante se obtienen dos parámetros de interés: la fuerza necesaria para comprimir o deformar la muestra un 20% y la necesaria para hacerlo un 80% (Figura 3). En carne cruda, la compresión al 20% permite realizar una medida de la resistencia de las fibras musculares, mientras que las tasas de compresión elevadas se asocian a la resistencia ofrecida por el tejido conjuntivo (Lepetit y Culioli, 1994; Campo *et al.*, 2000).



Fuente: Lepetit (1988)

Figura 3. Representación esquemática de las tres configuraciones posibles de un ensayo de compresión.

Aunque los ensayos instrumentales únicamente ofrecen estimaciones de la terneza, en comparación a los test sensoriales poseen la gran ventaja de ser más estables a lo largo del tiempo, permitiendo comparar las medidas efectuadas durante largos periodos (Touraille, 1982).

1.4. Calidad sensorial

El análisis sensorial es la disciplina científica que permite medir de forma objetiva y reproducible las características de un producto mediante los sentidos (Guerrero, 2005). Su importancia deriva de que las características sensoriales son claves en la preferencia y aceptabilidad de los productos alimenticios por parte de los consumidores (Risvik, 1994).

Es una característica apreciada por el consumidor que engloba una gran variedad de atributos tales como la apreciación visual, el aroma, el sabor, la textura, sensación en la boca e, incluso, aspectos culturales.

Para valorarla se debe de pasar de un nivel netamente sensorial, en el que percibimos y comparamos las sensaciones a un nivel semántico, donde por medio de palabras intentamos representar las sensaciones (Damasio y Costell, 1991).

La evaluación sensorial se comenzó a considerar de importancia a finales de los años 40, en Estados Unidos. Pero después de un largo proceso su mayor desarrollo se experimentó a partir de la década de los 70 del siglo pasado, donde comenzó a emerger como una especialidad científica individualizada y reconocida (Sidel *et al.*, 1975). Su importancia radica en que identifica las características sensoriales que son claves en la preferencia y aceptabilidad de los productos alimenticios por parte de los consumidores (Risvik, 1994).

De entre las desventajas de este análisis, probablemente la más significativa sea la falta de estabilidad a lo largo del tiempo, ya que al depender del funcionamiento de los seres humanos como instrumentos de medida, es difícilmente superable en su totalidad. Las características que propician este hecho se pueden resumir del siguiente modo (Touraille, 1980; Alfonso, 2000):

1. Existencia de umbrales de detección: cada individuo es capaz de percibir una determinada sensación a partir de un límite, por debajo del cual no detecta nada.
2. Posibilidad de adaptación o fatiga sensorial: es la disminución de la intensidad de la sensación de un estímulo a lo largo del tiempo.
3. La comparación es más eficaz: los sentidos son, generalmente, muy sensibles a la hora de realizar comparaciones, pero presentan una eficacia reducida para juzgar las sensaciones en valor absoluto.
4. La percepción sensorial es dinámica en velocidad y tiempo: dependiendo del momento y de la forma en que se evalúan las diferentes sensaciones existe una variación en la intensidad de los estímulos. Así, es muy importante describir su metodología, es decir, definir cómo y cuándo se valora cada cualidad.

El análisis sensorial puede ser hecho por un panel entrenado (expertos) o mediante una prueba de consumidores. En este trabajo se va a utilizar esta última opción, por lo que solamente haremos mención a ella.

Los métodos cuantitativos se emplean para conocer la aceptabilidad global del consumidor a un producto y para realizarlos se utiliza el test de preferencia o el test de aceptabilidad. El test de preferencia indica que muestra prefiere el consumidor, pero no

indica si le gusta o no le gusta. El test de aceptabilidad indica una aceptación gradual de la muestra mediante una escala hedónica (Campo, 2005).

El panel de consumidores debe estar constituido por personas no entrenadas, es decir, sin experiencia previa en el análisis sensorial, pues si los individuos participan de forma habitual en ensayos de consumidores, los juicios pueden verse modificados (Köster, 1990; Chambres *et al.*, 1999). Por otro lado, los consumidores seleccionados deben ser representativos de la población a la que se va a extrapolar los resultados obtenidos. Sobre el número de participantes, Miller (1994) afirma que, debido a la elevada variabilidad en las respuestas, el número mínimo no debería ser inferior a 50.

Las pruebas pueden realizarse en laboratorio, local público o en hogar. Las de laboratorio tienen la ventaja de realizarse bajo condiciones controladas (ambientales y de preparación de muestras) (Guerrero, 2001), lo cual no es posible en los otros dos casos. Las muestras deben estar codificadas y se servirán con forma y tamaño homogéneo. Además se requiere que su temperatura sea constante. Todos los catadores compararán el mismo tipo de muestra, procedente de los mismos animales, del mismo músculo y, a ser posible, de la misma región.

Para que la prueba sea efectiva debe basarse en un buen cuestionario y un correcto protocolo de ejecución, realizarse sobre sujetos adecuadamente seleccionados y con muestras representativas del producto que se quiera evaluar (Guerrero, 2001).

Apreciación visual

El análisis visual es, dentro de la valoración por los sentidos, un buen método para evaluar los efectos del tratamiento y la estimación de la percepción de los consumidores.

La apreciación del color y aspecto de la carne se puede definir como una sensación subjetiva, resultado de una compleja serie de respuestas tanto fisiológicas como psicológicas a las radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nm (Pérez-Alvarez *et al.*, 1998).

El color puede ser considerado como uno de los principales atributos de la calidad sensorial. La sensación que la persona recibe al percibir el color, influye en su reacción de aceptación o rechazo, sin considerar en ocasiones otras características

(Clydesdale, 1991). Este criterio es importante desde el punto económico a medida que la industria pierde dinero debido al color indeseable (Hughes *et al.*, 2014a).

También la grasa visible es una atributo que influye en la decisión de compra (Realini *et al.*, 2014). La mayoría de los consumidores españoles prefieren la carne de vacuno con un ligero contenido de grasa visible y color rojo brillante.

2. EFECTO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La dieta de cebo ideal para un ternero sería aquella que estuviese formulada en función del tipo genético, peso vivo, ganancia de peso esperada y deposición grasa deseada, atendiendo sus necesidades en energía, proteína, fibra, minerales y vitaminas, y adaptada a su capacidad de ingestión. Pero la dieta que recibirá durante su cebo también estará condicionada por el sistema de producción, por el mercado de insumos y por el mercado de la carne en que se desarrolla la actividad. No obstante, la mayoría de las veces la búsqueda de la máxima rentabilidad del sistema de producción condicionará al final la dieta.

Mientras que la alimentación de grano es muy popular en América del Norte (Lehmkuhler y Ramos, 2008), el acabado en pasto es la práctica predominante en Brasil, Argentina, Uruguay, Australia y Nueva Zelanda (Van Elswyk y McNeill, 2014). En la mayoría de los experimentos que estudian el efecto de una dieta en la calidad de la carne, los animales son sacrificados a diferentes edades (mismo peso, pero tasa de crecimiento diferente) o a diferentes pesos (misma edad y de nuevo diferente tasa de crecimiento). Esto es particularmente evidente cuando los estudios hacen comparación entre los sistemas de producción.

Podría decirse que para cada animal (raza, sexo) y para cada dieta (concentrado, forraje o mixta) hay un peso de sacrificio óptimo para obtener una canal adecuada a las exigencias del mercado en cuanto a rendimiento carnicero y características de calidad de la carne. No obstante, ese óptimo a veces no coincidirá con la mayor rentabilidad, dado que el mercado se rige por más factores que los de producción.

Tanto los forrajes como los concentrados presentan ventajas e inconvenientes. Los forrajes, en principio, son más baratos, permiten una integración animal al medio rural más sostenible, ya que los rumiantes pueden digerir los alimentos fibrosos y producir carne. Pero los forrajes exigen inversiones en maquinaria para el crecimiento y la recolección y conservación del mismo y, además, son exigentes en mano de obra en momentos puntuales. Son ricos en pigmentos vegetales y antioxidantes naturales y algunos son ricos en ácidos grasos poliinsaturados *n*-6 y, especialmente, *n*-3, como el pasto de gramíneas y leguminosas (Realini *et al.*, 2004).

Los concentrados a base de cereales y tortas proteicas de oleaginosas son la base del sistema intensivo de cebo de terneros en áreas mediterráneas donde escasean los pastos. Su principal problema es su precio, ya que son caros pues son alimentos también para los monogástricos. Su elevado coste se compensa en parte ya que al ser un alimento concentrado, el aumento del coste por su transporte es relativamente menor al de los forrajes. Debido a su elevado valor nutritivo, la ganancia diaria de peso de los terneros es máxima para cada raza y se favorece el engrasamiento del animal (Albertí *et al.*, 2001). A la inversa, si se utilizan forrajes será menor el engrasamiento pero también la ganancia de peso (Albertí *et al.*, 1995b; Resconi *et al.*, 2010).

La carne de animales acabados en concentrado (grano) contiene una mayor proporción de la grasa intramuscular (Realini *et al.*, 2004; Dannenberger *et al.*, 2005; Marino *et al.*, 2006; Leheska *et al.*, 2008) que lleva un perfil de ácidos grasos con mayor porcentaje de saturados, mayor nivel de ácidos grasos *n*-6 y una alta relación *n*-6/*n*-3, incluso superior a 16 (Insausti *et al.*, 2004). Mientras, la carne de animales de forraje en forma de pasto, heno, silo o una proporción forraje/concentrado elevada tiene una grasa intramuscular más baja (Turner *et al.*, 2015) con una mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y una relación de ácidos grasos poliinsaturados/saturados mayor que la de animales cebados con pienso (Realini *et al.*, 2004; Resconi *et al.*, 2010). También tienen mayor proporción de ácidos grasos de cadena ramificada, ácidos grasos *n*-3, ácido ruménico (9c11t-C18:2) y su precursor ácido vaccénico (11t-C18:1) (French *et al.*, 2000a; Lorenzen *et al.*, 2007; Humada *et al.*, 2012).

El alto contenido de grasa intramuscular en animales de concentrado se debe al elevado consumo de energía (Li *et al.*, 2014). Según Harper y Pethick (2004) puesto que para incrementar la grasa intramuscular se maximiza la disponibilidad de energía neta (glucosa) para la síntesis de grasa durante el acabado. Un incremento de la grasa intramuscular se asocia con el incremento de los triglicéridos de los adipocitos que llevan sobre todo ácidos grasos saturados sin afectar a la cantidad de fosfolípidos de la membrana celular que están formados mayoritariamente por ácidos grasos insaturados. Por lo tanto, el menor contenido en grasa intramuscular de los animales alimentados con forraje con una proporción mayor de AGPI contribuye a un aumento de la proporción de ácidos grasos *n*-3 y ácido conjugado linoleico (CLA) en los triglicéridos en

comparación con los animales alimentados con concentrado (Wood *et al.*, 2004; Dannenberger *et al.*, 2004; Kalač, 2011).

Otros investigadores como Fuente *et al.* (2009) concluyeron que la carne de animales criados en sistemas intensivos tiene menos ácidos grasos saturados en comparación con carne de animales en pasto suplementados con concentrado o silo de maíz, quizás por el efecto añadido de la edad, ya que los animales criados en sistemas extensivos, al tener un menor contenido energético en la dieta, deben sacrificarse con mayor edad para alcanzar un nivel similar de engrasamiento, y eso provoca una actividad enzimática diferente que incrementa la saturación de la grasa que se deposita en el músculo. Moloney *et al.* (2013) indicaron que la utilización de silo de maíz como alternativa a silo hierba disminuye el contenido en AGPI.

2.1. Oxidación lipídica

Las grasas poliinsaturadas (más abundantes en animales con consumo de pasto) son más sensibles a la oxidación lipídica, que origina olores y sabores desagradables para el consumidor y también altera el color, lo que repercute en una disminución de la vida útil de la carne (Wood *et al.*, 2004). Sin embargo, hay autores que concluyen que la oxidación lipídica es más alta en la carne de los animales alimentados con dietas a base de concentrado (O'Sullivan *et al.*, 2004), debido a la gran influencia que los antioxidantes naturales que contiene el pasto (α -tocoferol, carotenoides) tienen en ralentizar los procesos oxidativos, antioxidantes que aparecen en muy poca cantidad de manera natural en el concentrado o en los cereales. (Warren *et al.*, 2008a) han vinculado los altos valores de la oxidación de lípidos en los bueyes alimentados con concentrados a la alta concentración de AGPIs musculares y los bajos niveles de vitamina E. Por otro lado, el acabado con hierba aumenta el contenido en AGPIs de la carne, los cuales tienen tendencia al ataque de los radicales libres y, por lo tanto, son más propensos a la oxidación (Eritsland, 2000). La alimentación con hierba no sólo aumenta el contenido en AGPIs *n*-3 y CLA, también el deterioro del color se mejora debido a su alto contenido de vitamina E (Scollan *et al.*, 2006). Las dietas a base de hierba también poseen un mayor contenido de precursores de la vitamina A y otros antioxidantes (Daley *et al.* 2010), lo que podría contribuir a evitar el deterioro de la calidad de la carne durante la exposición. O'Sullivan *et al.* (2002) en su trabajo de comparación entre la utilización de silo de maíz con el de hierba concluyó que este último mejoraba la

oxidación lipídica. En un estudio de comparación de la influencia del consumo de carne de terneros alimentados con hierba o con silo de maíz y concentrado sobre el estado antioxidante de las ratas, Łozicki y Dymnicka (2014) indicaron que la carne de los animales alimentados con hierba incrementaba el estado antioxidante evaluado por las concentración de los niveles de glutatión peroxidasa, α -tocoferol y oxidación lipídica medida como sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico. Se ha demostrado que la utilización de α -tocoferol durante 90 días antes del sacrificio mejora la estabilidad oxidativa de la carne durante la maduración (Cardenia *et al.*, 2015), incluso su incorporación durante sólo 7-14 días antes del sacrificio mejora la calidad de la carne en otras especies como el ovino (Calvo *et al.*, 2015)

2.2. Color

Priolo *et al.* (2001) en una revisión bibliográfica de 35 experimentos que comparan el efecto del pasto frente al concentrado en el color de carne comentan que la carne de los animales de pasto es más oscura, cualquiera que sea el método de medición, subjetivo u objetivo (French *et al.*, 2001; O'Sullivan *et al.*, 2003; Varela *et al.*, 2004). Más recientemente, Avilés *et al.* (2015) han encontrado una mayor luminosidad en la carne procedente de animales alimentados con concentrado frente a la procedente de animales que habían consumido una mezcla de silo de maíz y concentrado.

Sin embargo, otros autores al comparar la dieta en el acabado con hierba o pasto frente a concentrado, no observaron ningún efecto sobre el color en el músculo *longissimus dorsi*. Tampoco en la comparación entre el silo de maíz y silo de hierba (Moloney *et al.*, 2013) o la mezcla unifeed de maíz frente concentrado (Casasús *et al.*, 2012).

Realini *et al.* (2004) tras 21 días pos sacrificio encontraron que los valores de L^* a^* y b^* fueron mayores para la carne con acabado en pasto frente a la procedente de concentrado. Los mismos resultados de a^* fueron encontrados por Insani *et al.* (2008) en el músculo *psoas* a los 7 días de maduración o por Humada *et al.* (2014) en el músculo *longissimus dorsi*. Estos últimos resultados confirman que el color de la carne de pasto es más estable en el tiempo por la presencia de sustancias antioxidantes (Vestergaard *et al.*, 2000). Sin embargo, otros autores como Huuskonen *et al.* (2010)

encontraron que los valores de L^* , a^* y b^* eran mayores en la carne de animales alimentados con silo de hierba que la de pasto.

2.3. Textura

La estrategia de acabado en vacuno de carne está muy estudiada, tanto la utilización de forraje como alternativa al concentrado, mezcla de forraje y concentrado como la suplementación de pasto con el concentrado. Sin embargo, su efecto sobre la terneza es controvertido en la bibliografía:

Duckett *et al.* (2013) comentaron que la utilización de pasto durante 40 días no afectó a la terneza de la carne a los 14 y 28 días post sacrificio, medida por el método Warner-Bratzler con, respecto al concentrado. Parecidos resultados fueron encontrados por Velik *et al.* (2013a) en novillas del cruce Charolais x Simmental. En animales con la misma edad y peso de sacrificio y la misma ganancia media diaria, Moloney y Drennan (2013) no encontraron diferencias en la terneza de carne de los animales acabados con concentrado frente a los de una mezcla de silo de hierba y concentrado.

Faucitano *et al.* (2008) encontraron los mismos resultados en la terneza cuando compararon el silo frente a un 70% de grano y silo durante 98 días antes del sacrificio, o French *et al.* (2001), Marino *et al.* (2006), Minchin *et al.* (2009) y Casasús *et al.* (2012) cuando comparan el silo frente a silo suplementado con diferentes cantidades de concentrado.

Sin embargo, hay resultados muy contradictorios en el efecto de la alimentación y la terneza. Animales acabados en silo con mayor edad tienen una carne con mayor terneza que animales acabados con mezcla de silo y concentrado (Turner *et al.*, 2011). Cozzi *et al.* (2010) encontraron que el pasto deterioraba la terneza en comparación con una mezcla de silo de maíz con concentrado en animales de mismo peso de sacrificio y de parecida ganancia diaria. Por otro lado, Kogel *et al.* (1998) encontraron una terneza similar en la carne de los animales de silo de hierba y los animales de silo de maíz y ambas más tiernas que la carne procedente de animales alimentados con heno. Lee *et al.* (2009) tampoco encontraron diferencias entre carne de animales de silo de hierba y de silo de trébol rojo aunque Berthiaume *et al.* (2015) comentan que el silo de trébol mejora la terneza. Al contrario, Hoving-Bolink *et al.* (1999) encontraron una mayor terneza de la carne de silo de maíz que la de silo de hierba.

Silveira *et al.* (2009) encontraron que el aumento de nivel de concentrado en la dieta aumenta la terneza de carne. Pero Cerdeño *et al.* (2006) no encontraron diferencias en la terneza de la carne de animales de los mismos pesos de sacrificio que recibieron concentrado ad libitum o restringido.

2.4. Capacidad de retención de agua

En cuanto a la comparación entre el efecto del forraje frente al concentrado algunos autores comentan la ausencia de diferencias. Varela *et al.* (2004) o Velik *et al.* (2013b) notaron que no hubo diferencia en la CRA en la carne de vacuno de animales alimentados con pasto o que reciben una mezcla de concentrado con silo de maíz. Tampoco Patino *et al.* (2015) cuando compararon mezcla de silo y concentrado frente a pasto suplementado o Koge *et al.* (1998) y Moloney *et al.* (2013) en la utilización de silo de maíz como alternativa a silo de hierba. Duynisveld *et al.* (2006) encontraron que la carne de pasto tiene mayores pérdidas por descongelación y menores pérdidas por goteo y cocción que la proveniente de una mezcla de 60% de silo de hierba completada con cebada.

Parece ser que una suplementación de la dieta con vitamina E mejora las pérdidas de agua (Pereira *et al.*, 2008).

3. EFECTO DE LA MADURACIÓN Y DEL TIPO DE ENVASE

El periodo que transcurre durante la conversión de los músculos en carne es llamado maduración, donde se liberan las enzimas de la carne (Swatland, 1991). La maduración post mortem ha sido considerada como esencial para la obtención de carne tierna (Campo *et al.*, 1999b). Involucra varios procesos bioquímicos, entre ellos la rotura de las proteínas miofibrilares por proteinasas endógenas. Con su liberación comienza la degradación miofibrilar produciendo un ablandamiento lento (Abbot *et al.*, 1977). Esta degradación de las proteínas y los lípidos darán como resultado los compuestos precursores del aroma y el sabor final de la carne (Campo *et al.*, 1999b).

El sistema de envasado es diverso pero los principales son: bandeja de poliestireno cubierta con film permeable al oxígeno, bandeja con atmósfera modificada (MAP), envasado en skin y envasado al vacío.

El envasado en film tiene por objeto aislar la carne del exterior, especialmente de la posible contaminación bacteriana y limitar la pérdida de humedad.

El sistema de envasado en MAP consiste en quitar y/o reemplazar el aire que rodea al producto antes de cubrirlo con un film que actúa de barrera de los gases (McMillin, 2008). Si se extrae casi la totalidad del aire se denomina envasado al vacío, y una modalidad es el envasado en vacío con un film que se adapta a la pieza perfectamente y se denomina “skin”. Si se sustituye por una mezcla de gases se suele denominar simplemente MAP. Combinaciones muy usadas aunque no exclusivas son 70- 80% O₂ y 30-20% CO₂. La elevada concentración de dióxido de carbono limita el crecimiento de bacterias aerobias y la elevada concentración de oxígeno mejora la apariencia de la carne al favorecer la formación de oximioglobina. Sin embargo, no todo son ventajas ya que puede afectar negativamente a la calidad. Kim *et al.* (2010) hallaron que los filetes de diferentes músculos, de ternero castrado, envasados en MAP (80:20) fueron menos tiernos y jugosos y tuvieron más olores desagradables comparados con la misma carne envasada al vacío. Esto se produce principalmente por la oxidación de compuestos lipídicos favorecida por el alto nivel de oxígeno que tienen estas atmósferas (Campo *et al.*, 2006). En otros estudios, no se han hallado diferencias.

El envasado en MAP suele aumentar la oxidación de la mioglobina y de los lípidos de la carne. Por ello las variables de oxidación lipídica, el contenido de

metamioglobina y el índice de amarillo del color del músculo son útiles para evaluar la calidad de la carne de vacuno envasada en atmósfera protectora (Insausti *et al.*, 2008).

El sistema de envasado, ya sea film permeable al oxígeno o MAP con alta concentración de oxígeno tiene un elevado efecto en los atributos de calidad según el que la dieta sea forraje o concentrado (O'Sullivan *et al.*, 2004). En envases de MAP el tipo de dieta, ensilados de hierba, concentrados o hierba, no tuvo efecto en la proporción de metamioglobina de la carne o en la oxidación lipídica a lo largo del tiempo de exposición, mientras que la carne envasada con film permeable al oxígeno el tipo de dieta de cebo dio diferencias de estabilidad en el color y en la oxidación lipídica a favor de las dietas con ensilados debido a su mayor concentración de α -tocoferol (O'Sullivan *et al.*, 2004). No obstante, a igualdad de tiempo de exposición, los valores de oxidación lipídica fueron diez veces superiores en el envasado en MAP respecto al envasado en film, y la evolución del porcentaje de metamioglobina tuvo una evolución exponencial mientras que en envasado en film la evolución fue de crecimiento lineal.

3.1. Oxidación lipídica

La oxidación de la carne aumenta a lo largo de la exposición en MAP (Ismail *et al.*, 2008; Muela *et al.*, 2015), y el ritmo de oxidación es bajo al principio, aumentando exponencialmente después (Campo *et al.*, 2006; Resconi *et al.*, 2012) dependiendo del nivel de O_2 (Zakrys *et al.*, 2008). Luciano *et al.* (2009) encontraron un aumento de la oxidación lipídica en la carne de cordero con el tiempo de exposición en MAP con 80% O_2 . Picouet *et al.* (2014) encontraron una tendencia a la oxidación lipídica en la carne expuesta en MAP, y valores más altos conforme aumenta el tiempo de maduración de la carne, incluso en condiciones de envasado al vacío. La oxidación lipídica aumenta con el tiempo en la carne expuesta en film durante 3 y 6 días, pero lo hace a partir de los 6 días de maduración en el envasado en vacío (Humada *et al.*, 2014), porque el oxígeno ambiental que afecta a la carne en el film potencia la oxidación de la misma con mayor intensidad que la casi total ausencia de atmósfera en el envasado en vacío. Sin embargo, Franco *et al.* (2009) observaron que la maduración de 1 hasta 42 días de la carne de vacas de raza Frisona envasada al vacío no afecta a la oxidación lipídica. Tampoco Campo *et al.* (2006) encontraron oxidación lipídica en la carne envasada al vacío entre 10 y 13 días y Kim *et al.* (2010) durante 9 días de envasado. Lo que se puede destacar de la bibliografía es que la maduración de la carne en condiciones de oxigenación

provoca la oxidación lipídica y la presencia de antioxidantes permite la estabilidad de la oxidación (Franco *et al.*, 2012).

3.2. Color

El sistema de envasado hace que el color de la carne varíe entre el rojo al envasar en MAP o film, hasta el púrpura o marrón en el envasado al vacío. Las bajas concentraciones de oxígeno con monóxido de carbono en MAP dan mayor estabilidad del color que las altas concentraciones (80% O₂, 20% CO₂) (Grobbel *et al.*, 2008). Sin embargo, la inclusión de CO como gas de envasado no está autorizada por la legislación actual en la UE.

La exposición de la carne al O₂ implica que la madurada en vacío durante 7 y 14 días es más roja que la carne de 28 y 35 días (Lee *et al.*, 2008), y en la comparación entre la carne envasada al vacío y luego expuesta en film y otra expuesta directamente en film la coloración rojiza es mayor en la carne madurada al vacío que en la no madurada (Callejas-Cardenas *et al.*, 2014). El que el rojo de la carne madurada es más elevado que el de la carne no madurada se debe a la ausencia de enzimas que entran en competición con la mioglobina y el O₂ (Oliete *et al.*, 2006). La disminución del color rojo durante el tiempo de exposición es más rápido en la carne madurada a 35 días que en la carne madurada a 14 días (King *et al.*, 2012) y según Callejas-Cardenas *et al.* (2014) el índice de rojo a* disminuye en la exposición en film en la carne previamente envasada al vacío mientras que aumenta en la carne no envasada al vacío. Este último atribuye el aumento al incremento de concentración de oximioglobina, la penetración de O₂ y la conservación de la capacidad de la reducción de la metamioglobina, y la disminución del color rojo en la carne envasada al vacío a la disminución de la actividad de la reducción en la metamioglobina. McKenna *et al.* (2005), Mohan *et al.* (2010) y Gao *et al.* (2013) relacionan la estabilidad de color a la actividad reductasa de metamioglobina y la tasa de consumo de O₂ en la carne de diferentes músculos. En cualquier caso, la maduración en tiempos largos lleva a una menor estabilidad de color (Vitale *et al.*, 2014; Colle *et al.*, 2015).

Comparando MAP con vacío, la carne madurada en MAP tiene mayores niveles de metamioglobina, disminuyendo el índice de rojo tras el periodo de exposición (Lagerstedt *et al.*, 2011; Ripoll *et al.*, 2013).

Una tasa elevada de oxígeno en el envase de MAP (80%) promueve la forma oxigenada de la mioglobina y prolonga el tiempo antes de la aparición de metamioglobina (Jakobsen y Bertelsen, 2000; Mancini y Hunt, 2005). Un intervalo adecuado para mantener un buen color de la carne se encontró entre 55 y 80%. Sin embargo, Jakobsen y Bertelsen (2000) informaron que si bien los niveles de oxígeno superiores al 20% eran necesarios para promover color de la carne, el nivel de 55% no aporta beneficios adicionales en la estabilidad del color.

3.3. Textura

Para Juárez *et al.* (2012) la maduración es la responsable de la mayor variabilidad de la terneza (> 45%) y su consecuencia más relevante es una mejora en la terneza de la carne (Monsón *et al.*, 2005). En la carne cocinada la fuerza de corte disminuye claramente con el tiempo de maduración (Mach *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2015) pero en la carne cruda solo la compresión mínima se ve afectada por la maduración (Campo *et al.*, 2000). La tenderización en el post sacrificio es el resultado de la modificación de la estructura del músculo por desnaturalización de la proteínas estructurales (actina, miosina, nebulina, Troponin-T) (Huff-Lonergan *et al.*, 2010; Marino *et al.*, 2013) y el ritmo de la tenderización es el resultado del equilibrio entre actividad proteolítica (catepsinas y calpaínas, fundamentalmente) (Kemp *et al.*, 2010) y la actividad inhibidora (oxidación proteica, calpastatinas) (Kemp *et al.*, 2010; Huff-Lonergan *et al.*, 2010). Nishimura (2015) encontraron que el colágeno del tejido conectivo se degrada y se desintegra en el tiempo de maduración, por lo tanto participa en la tenderización de la carne cruda.

La carne envasada en MAP tuvo una mayor fuerza de corte que la de vacío en todos los tiempos de maduración (Lagerstedt *et al.*, 2011). Para Zakrys-Waliwander *et al.* (2010) el envasado en MAP con alto oxígeno tenía una influencia negativa en la terneza (instrumental). El nivel alto de oxígeno afecta indirectamente a la textura de carne mediante la oxidación proteica que genera, la reticulación y la fortalecimiento de la proteína estructural (Xiong, 2000; Lund *et al.*, 2011). Sin embargo, Zakrys *et al.* (2008) no encontraron una relación entre la oxidación proteica y la terneza medida por el WB; pero sí que han encontrado una relación positiva entre la terneza y la oxidación lipídica y sugieren que la oxidación proteica afecta a la terneza inicial.

La velocidad de ablandamiento varía con la especie por lo que cada una de ellas presenta un tiempo óptimo de maduración. El tipo de músculo también ejerce una gran influencia sobre la velocidad de ablandamiento, que está en estrecha relación con ciertos parámetros bioquímicos característicos del tipo de músculo como son la velocidad de contracción, el tipo de metabolismo, la cantidad de hierro hemínico y la velocidad y la amplitud de caída del pH (Ouali, 1990). Así, la velocidad de ablandamiento es mayor en la musculatura blanca que en la roja de contracción lenta.

En diversos trabajos realizados en bovino, la raza (Shakelford *et al.*, 1991), la edad (Ouali, 1990), el peso de sacrificio (Sañudo *et al.*, 2004) y el sexo (Young y Bass, 1984) también parecen afectar a la tasa de maduración.

3.4. Calidad sensorial

La ternera es la calidad de la carne sensorial más afectada por la maduración. La maduración aumenta la ternera y la mayoría de los consumidores prefieren la ternera de carne con maduraciones más largas (Campo *et al.*, 1999a; Díez *et al.*, 2006). Se ha encontrado en alguna ocasión que la carne envasada en MAP tiene menor ternera que la carne envasada al vacío (Kim *et al.* 2010; Lagerstedt *et al.* 2011).

El tiempo largo de exposición reduce las cantidades de algunos compuestos volátiles importantes responsables de sabores positivos como el de carne de vacuno, metálico y dulce, y aumenta la percepción de los sabores anormales, como el rancio, amargo y ácido (Spanier *et al.*, 1997; Campo *et al.*, 2006; Partida *et al.*, 2007; Baet *et al.*, 2014), principalmente en la carne envasada en MAP con alto nivel de O₂, probablemente debido a la rancidez oxidativa por el aumento de la oxidación de lípidos (Kim *et al.*, 2010; Lagerstedt *et al.*, 2011).

4. EFECTO MÚSCULO

El efecto del músculo en este capítulo va a estar influido por la diferencia entre los tres músculos: *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST) y *Pectoralis Profundus* (PP) de regiones distintas de la canal; pertenecen al lomo, redondo y falda respectivamente. Tienen localizaciones anatómicas diferentes y funciones fisiológicas específicas en los animales vivos, dando lugar a diferencias en el metabolismo debido a sus tipos de fibras (Hunt y Hedrick, 1977).

4.1. Color

Las diferencias de color, y de otras características sensoriales, entre las distintas piezas de la canal y entre los distintos músculos se deben a la diferente composición en el tipo de fibra muscular (Wegner *et al.*, 2000). Las fibras musculares presentan diferencias en sus propiedades bioquímicas, fisiológicas y morfológicas. Según su metabolismo se clasifican en oxidativas de contracción lenta (glucólisis aerobia), oxido-glucolíticas de contracción rápida (intermedias aerobias y anaerobias), de color rojo y glucolíticas de contracción rápida (glucólisis anaerobia), de color blanco. Debido a estas diferencias específicas, cada músculo reacciona de forma diferente al sistema de envasado, ya que el color de algunos músculos tiene menos estabilidad en una atmósfera con elevada concentración de oxígeno. El músculo *semitendinosus* envasado en MAP tiene menos decoloración que cuando se envasa en film, mientras que la decoloración del músculo *semimembranosus* es similar en ambos sistemas de envasado (Behrends *et al.*, 2003).

Para maximizar la estabilidad del color de la carne hay que controlar dos rasgos característicos del músculo, el consumo de oxígeno y la reducción de la metamioglobina (Mancini y Hunt, 2005). Los factores endógenos determinantes de la estabilidad del color del músculo son la actividad de la mioglobina reductasa y la tasa de consumo de oxígeno (Bekhit y Faustmann, 2005). Los músculos que conservan el color más estable son los que tienen mayor actividad de la mioglobina reductasa. La tasa de consumo de oxígeno por parte de las mitocondrias es el otro factor que determinará la estabilidad del color del músculo. Los músculos con un color más estable son los que tienen una actividad reductora que, proporcionalmente, excede a la tasa de consumo de oxígeno

(McKenna *et al.*, 2005). Pero también se ha visto que existe una variación de la estabilidad del color del músculo durante el tiempo de exposición debida al efecto individuo y esta variación está regulada parcialmente por los efectos genéticos (King *et al.*, 2010).

El músculo LD se agrupa entre los músculos con alta estabilidad de color, el músculo PP entre los músculos con baja estabilidad de color y el ST es menos estable que el LD (McKenna *et al.*, 2005; Seyfert *et al.*, 2007). La diferencia en la estabilidad de color entre músculos desaparece con un alto nivel de O₂ (Seyfert *et al.*, 2007). Los músculos de alta estabilidad de color tienen alta resistencia a inducir la formación de metamioglobina y tienen bajas tasa de consumo de oxígeno, contenido en mioglobina y bajas tasas de oxidación lipídica (McKenna *et al.*, 2005) porque según Faustman y Cassens (1991) los factores que afectan la tasa de decoloración y acumulación de metamioglobina en los músculos son la tasa de consumo de O₂, la auto oxidación del pigmento y la tasa de la actividad de reducción de metamioglobina. Otra explicación relaciona la estabilidad de color al alto nivel de fibra lenta oxidativa (tipo I), que contiene una gran cantidad de mitocondrias que compete a la utilización de O₂, por lo tanto genera un bajo consumo de O₂ (Klont *et al.*, 1998) pero, últimamente se ha visto que la utilización de los precursores de ciclo de Krebs, con objetivo de mejorar la estabilidad de carne, da resultados inversos y conduce a aumentar la oxidación (Yi *et al.*, 2015). Paredi *et al.* (2012) y Suman *et al.* (2014) comentan tras la utilización el análisis del proteoma, la contribución de las proteínas sarcoplásmicas y proteínas antioxidantes a la estabilidad del color.

Aunque hay diferencias en los parámetros de color entre los músculos, existe una relación fuerte entre la estabilidad del color del LD y la estabilidad de otros músculos (King *et al.*, 2011) que nos permitiría determinar los cambios en el color de otros músculos por la extensión de los resultados de color del LD. Según Warner *et al.* (1993), el LD podría servir como un indicador fiable de color de todos los músculos en condiciones de oscuridad y sin oxidación. EL ST es un músculo con mayor luminosidad y tono y menor índice de rojo y el PP el músculo con menor luminosidad (Torrescano *et al.*, 2003; Iacurto *et al.*, 2005).

4.2. Textura

La fuerza de corte y la cantidad de colágeno insoluble son mayores en PP y menores en LT, mientras que el ST tiene una fuerza de corte y colágeno intermedio entre LD y PP (Torrescano *et al.*, 2003). En una categorización de los músculos según el grado de terneza, el músculo LD se considera como "tierno" ($3,2 \text{ kg} < \text{fuerza de corte}$ con la célula de Warner-Braztler, $\text{WBSF} < 3,9 \text{ kg}$), el músculo ST se considera como "intermedio" ($3,9 \text{ kg} < \text{WBSF} < 4,6 \text{ kg}$) y el PP se considera como "duro" ($\text{WBSF} > 4,6 \text{ kg}$) (Belew *et al.*, 2003). Estos autores concluyen que la consideración de que el músculo de soporte es más tierno que el músculo de mayor movilidad no es cierta. Al contrario, Li *et al.* (2007) encontraron una mayor fuerza de corte en LD que en ST en los primeros días de maduración.

A nivel molecular la terneza depende del tipo de fibra (representado en la Tabla 1) y la diferencia entre los músculos es la proporción de cada tipo de fibra. Jurie *et al.* (2007), Schreurs *et al.* (2008) y Chriki *et al.* (2012) encontraron que el músculo LD tenía más fibras musculares oxidativas- lentas (SO, tipo I) y menos fibras rápidas óxido-glucolíticas (FOG, tipo IIa) y rápidas glucolíticas (FG, tipo IIb) que el músculo ST, sin distinción de sexo, en todas las razas excepto en Montbéliard y Holstein. Además de la diferencia en el tipo de fibra, el diámetro medio de la fibra muscular del ST es mayor que el del LD (Klontet *et al.*, 1998; Vestergaard *et al.*, 2000). La fibra lenta oxidativa correlaciona negativamente con la actividad glucolítica (Jurie *et al.*, 2007), por lo tanto los músculos con predominio de fibras tipo I tienen concentraciones de glucógeno más bajos que los que tienen el tipo II o los músculos de contracción rápida (Monin, 1981; Talmant *et al.*, 1986) y muestran tasas más rápidas de descenso del pH que los de fibras IIb (Aalhus y Price, 1991).

Al mismo tiempo la terneza depende también de la cantidad de colágeno total y su grado de solubilidad (Torrescano *et al.*, 2003; Jurie *et al.*, 2007; Chriki *et al.*, 2013). Estos autores encontraron una cantidad de colágeno total e insoluble en el músculo, en orden decreciente de: $\text{PP} > \text{ST} > \text{LD}$.

La grasa intramuscular afecta a la terneza de la carne, y es mayor en el músculo LD que en ST en carne de vacuno (Grosse *et al.*, 1991; Brrackebusch *et al.*, 1991; Ba *et al.*, 2014). Según Enser *et al.* (1998), la grasa intramuscular es mayor en la fibra muscular lenta oxidativa.

Tabla 1. Características de los principales tipos de fibras musculares

| Clasificación | β R | α R | α W |
|--------------------------|------------|-----------------------|-------------|
| Color | Roja | | Blanca |
| Contenido de mioglobina | Alto | | Bajo |
| Vascularización | Importante | | Bajo |
| Contenido de lípidos | Alto | | Bajo |
| área de la sección | Pequeña | | Grande |
| Resistencia a la fatiga | Alto | | Bajo |
| Velocidad de contracción | Lento | Rápido | |
| Contenido en glucógeno | Bajo | Alto | |
| Metabolismo energético | oxidativo | Oxidativo-Glucolítica | Glucolítica |

OBJETIVOS

Este trabajo forma parte de un proyecto amplio, que tiene como objetivo la optimización de los eslabones del sistema de producción así como generar herramientas a los ganaderos para mejorar la rentabilidad de sus explotaciones.

En un trabajo anterior se ha demostrado que la utilización de silo de maíz al 70% como alternativa al pienso, en los animales de la raza autóctona Avileña-Negra Ibérica, durante el periodo de cebo no afecta al potencial productivo de estos animales desde el punto de vista cuantitativo. Y como la carne de esta raza está dentro de la IGP Carne de Ávila, es indispensable preservar la calidad de esta carne. Por lo tanto nuestros objetivos son:

1. Estudiar el efecto de la alimentación con elevado porcentaje de silo de maíz sobre la calidad nutricional, instrumental y sensorial.
2. Evaluar el efecto de la maduración y del tipo de envase sobre la calidad de carne
3. Evaluar la calidad de la carne según la pieza comercial

MATERIAL Y MÉTODOS

1. ANIMALES Y ALIMENTACIÓN

El ensayo se llevó acabo con terneros añojos de la raza autóctona Avileña-Negra Ibérica en la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Se utilizaron 24 machos, enteros, procedentes de diferentes explotaciones, que entraron en la fase experimental con $250,75 \pm 64,72$ kg de peso y $200,54 \pm 44,99$ días de edad. Se formaron dos lotes de 12 animales: un lote recibió una dieta a base de concentrado (Pienso) y otro lote recibió un 70% de ensilado de maíz y 30% de concentrado (Silo). La composición en ingredientes, nutrientes y ácidos grasos de cada dieta se muestra en las Tablas 2 y 3. La fase de acabado coincidió con la fase experimental, durando 250 días.

Tabla 2. Composición en ingredientes y nutrientes de las dietas durante el cebo.

| | Pienso | Silo |
|--|--|--|
| Composición materias primas del concentrado: | | |
| | Cebada | - |
| | Maíz | Maíz |
| | Residuos desecados de destilería de maíz | Residuos desecados de destilería de maíz |
| | Harina de extracción semilla de colza | Cascaras de habas de soja |
| | Harina de soja | Harina de soja 47% |
| | Aceita de palma | Aceita de palma |
| | Carbonato cálcico | Carbonato cálcico |
| | Sales de ácidos grasos de palma | Sales de ácidos grasos de palma |
| | Bicarbonato sódico | Bicarbonato sódico |
| | Sal | Sal |
| | Óxido de magnesio | Óxido de magnesio |
| Composición química de la dieta: | | |
| Valor calórico (kJul) | 1603 | 867 |
| Valor calórico (kcal) | 379 | 205 |
| Humedad (%MF) | 8,03 | 50,67 |
| Grasa total (%MS) | 7,88 | 5,90 |
| Proteína (% MS) | 14,61 | 12,35 |
| Cenizas totales (% MS) | 6,73 | 5,51 |
| Hidratos de carbono totales (% MS) | 70,77 | 76,24 |

MS: Materia seca.

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos (% ácidos grasos totales) de las dietas de cebo.

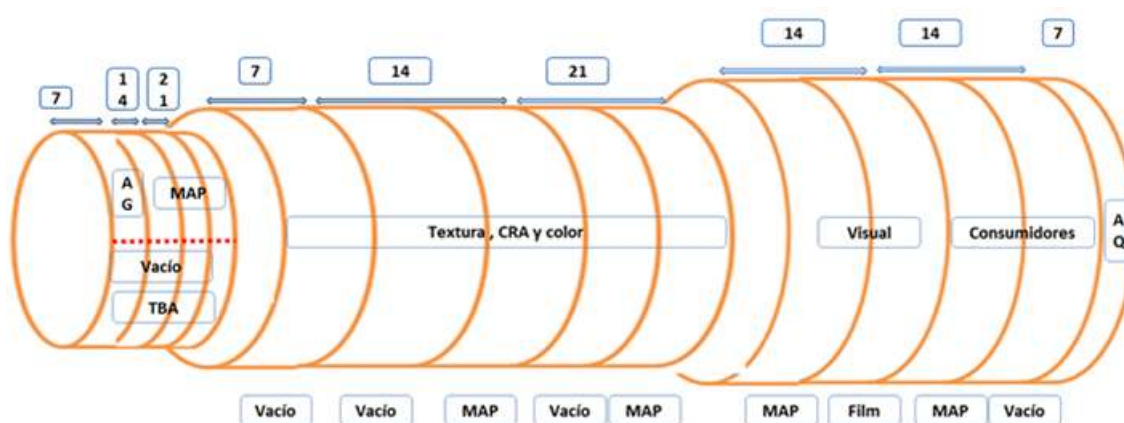
| | Pienso | Silo |
|------------------------------|--------|-------|
| Caproico (C6:0) | - | 0,04 |
| Caprónico (C8:0) | - | 0,02 |
| Láurico (C12:0) | 0,13 | 0,11 |
| Mirístico (C14:0) | 0,44 | 0,27 |
| Palmítico (C16:0) | 24,14 | 16,59 |
| Palmitoleico (C16:1) | 0,14 | 0,13 |
| Margárico (C17:0) | - | 0,07 |
| Margaroleico (C17:1) | - | 0,03 |
| Estearico (C18:0) | 2,81 | 2,35 |
| Oleico (C18:1) | 31,91 | 29,27 |
| Linoleico (C18:2) | 38,00 | 46,51 |
| α -Linolénico (C18:3) | 1,43 | 1,79 |
| Araquídico (C20:0) | 0,43 | 0,61 |
| Gadoleico (C20:1) | 0,29 | 0,23 |
| Behénico (C22:0) | - | 0,15 |

2. SACRIFICIO

Con un peso medio de $578,17 \pm 36,42$ kg y $455,17 \pm 41,59$ días de edad, los animales fueron sacrificados en un matadero de Ávila homologado por la unión europea con un procedimiento habitual de aturdimiento, desangrando, desollado y faenado, en tandas de tres animales por semana entre el mes de julio y septiembre de 2014. A las 72h post mortem se hizo el despiece de la media canal izquierda a nivel de matadero, se envasaron al vacío tres piezas comerciales: lomo (incluyendo el músculo *longissimus dorsi*, LD), redondo (músculo *semitendinosus*, ST) y falda (músculo *pectoralis profundus*, PP). Las piezas se conservaron y se transportaron en condiciones de refrigeración a 4°C con un camión frigorífico al laboratorio de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza.

3. MUESTREO

A los 7 días de maduración se procedió a la extracción de los músculos LD, ST y PP. Cada músculo se dividió en filetes de diferente anchura dependiendo del tipo de análisis tal y como ilustra la Figura 4. De la zona craneal y superior de los músculos LD y ST, respectivamente, se obtuvo un filete, al igual que una porción del PP, para el análisis químico. De igual forma, se obtuvieron muestras para análisis de ácidos grasos, oxidación lipídica, color del músculo, textura y aceptabilidad visual y organoléptica de consumidores.



AG: Ácidos Grasos

7, 14 y 21: Días después del sacrificio

AQ: Análisis Químico

MAP: Atmósfera modificada

TBA: Ácido tiobarbitúrico (Análisis de oxidación lipídica)

Figura 4. Sección del músculo LD para los diferentes análisis

4. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Las muestras destinadas al análisis bromatológico se envasaron al vacío e inmediatamente se congelaron a -18°C hasta su análisis, que se realizó en los laboratorios del INTA (Teruel) siguiendo las normas ISO establecidas para dichas determinaciones:

- Porcentaje de grasa: ISO 1443:1973

- Porcentaje de proteína: ISO 937:1978
- Porcentaje de humedad: ISO 1442:1997
- Porcentaje de cenizas: ISO 936:1998

5. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS

El análisis de ácidos grasos pasa en primer lugar por la extracción de la grasa según el método de Bligh y Dyer (1959), la formación de ésteres metílicos con KOH y luego la determinación del perfil de ácidos grasos por cromatografía gaseosa.

En la primera etapa las muestras se descongelaron en agua manteniéndose el vacío, se picaron, se pesaron 10 gramos de músculo libre de tejido conectivo en un tubo de cristal, en un entorno de frío con hielo picado. Se añadieron 10 ml de cloroformo y 20 ml de metanol en un ultra-turrax picándose durante dos minutos. Después se añadieron otros 10 ml de cloroformo, 10 ml de KOH al 0,88% en agua y 4 ml de agua destilada, y volviéndose a mezclar con ultra-turax durante otros dos minutos. Se centrifugó la mezcla a 4000 r.p.m durante 10 minutos para obtener la fase que contiene la grasa disuelta. De esa fase se extrajo el cloroformo, se añadieron 10 µL de 2,6-di-terc-butil-4-metilfenol (BHT), que es un antioxidante, y se metió en baño de arena a 55 °C, para evaporar el cloroformo en atmósfera de nitrógeno para evitar la oxidación. El extracto obtenido se almacenó en congelación.

En la segunda etapa, para determinar el perfil de ácidos grasos el extracto se convirtió a ésteres metílicos de ácidos grasos, añadiendo una mezcla de KOH, metanol y hexano. Tras una fuerte agitación se obtuvo el hexano. Éstos fueron analizados en un cromatógrafo de gases HP-6890 II (Hewlett-Packard, Waldbronn, Alemania) con una columna capilar SP2380 (100ml x 0,25 mm x 0,2µm), con las siguientes condiciones de temperatura: comienzo a 140 °C, aumento a una tasa de 3 °C/min; aumento de 5 °C/min hasta 220 °C y mantenimiento constante durante 50 min. La temperatura del inyector fue de 230 °C y del detector 240 °C. Se utilizó un detector en modo Split con una tasa de Split de 1/32. El nitrógeno fue usado como gas portador a una tasa de flujo constante de 0,8 ml/min, inyectando 1µl de muestra. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos fueron identificados usando tiempos de retención de los patrones Sigma-Aldrich®.

Los índices nutricionales importantes de salud humana, índice de saturación (S/P), índice de aterogeneidad (IA) e índice de trombogeneicidad (IT) fueron obtenidos de acuerdo con las formulas propuestas por Ulbricht y Southgate (1991). Se utilizan para valorar y comparar la posible capacidad aterogénica y trombogénica de la grasa de los alimentos. El IA se define como la razón del contenido de los AG capaces de aumentar los niveles de colesterol sérico (ácido láurico, mirístico y palmítico) y los AG de acción protectora (mono y poliinsaturados). El ácido mirístico lo señalan como el principal promotor de los aumentos del colesterol sérico, con un mayor potencial aterogénico, alrededor de cuatro veces más que otros AG.

$$S/P = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{AGMI + AGPI}$$

$$IA = \frac{C12:0 + 4 * (C14:0) + C16:0}{AGMI + (n-6) + (n-3)}$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0.5 AGMI) + (0.5 * n-6) + (3 * n-3) + (n-3 / n-6)}$$

6. ANÁLISIS DE OXIDACIÓN LIPÍDICA (TBARS)

Se estudió la oxidación lipídica en los filetes de los tres músculos tras 0, 7 y 14 días de exposición envasados al vacío y en MAP, mediante el método de TBARS que determina colorimétricamente (a 532 nm) la cantidad de malondialdehído (MDA) presente en una muestra, que da lugar a un compuesto de color rojo cuando reacciona con el ácido tiobarbitúrico (TBA).

Para la determinación del grado de oxidación, se picaron 10 g de la muestra previamente descongelada y con 20 ml de ácido Tricloroacético (TCA) al 10 %, se homogeneizó en un ultra-turrax durante 1 a 2 minutos, se centrifugó durante 30 min a 4000 rpm y una temperatura de 4 °C y se filtró. A 2 ml de TBA se añadieron 2 ml del filtrado y se incubó todo en un baño de agua a 97°C durante 20 min. Tras enfriarse en agua fría se procedió a la lectura en un espectrofotómetro HITACHI U-1500. Con una curva patron hecha anteriormente con una concentración graduada de 1,1,3,3-tetrametoxipropano se sacó una relación entre los valores del espectrofotómetro y la

concentración de MDA (mg de MDA/g de carne), producto de la oxidación lipídica en la carne.

7. COLOR

El color se estudió en los mismos filetes destinados a la textura, tras 0, 7 y 14 días de exposición envasados al vacío o en MAP. La medición se hizo mediante espectroreflectometría con un MINOLTA CM2002 en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ (1986), tomándose los valores de la luminosidad (L^*), el índice de rojo (a^*), el de amarillo (b^*), así como la decoloración por la diferencia entre la reflectancia a 630 nm (máximo de la mioglobina oxidada) y a 580 nm (máximo de la mioglobina oxigenada). Se calcularon los valores Chroma (C^*) como $(a^2 + b^2)^{0.5}$ y Tono (h^*) como $\arctan(b^*/a^*)$ a partir los valores de a^* y b^* . Se realizó la media de tres mediciones por filete.

8. TEXTURA

La textura se midió con 7, 14 y 21 días de maduración. Los filetes para la maduración del día 7 (el día de extracción de los músculos de las piezas comerciales) de los tres músculos, se envasaron al vacío y se congelaron inmediatamente a -18°C . La mitad de los filetes de 14 y 21 días de maduración se envasaron al vacío y la otra mitad se envasaron en una atmósfera modificada (MAP) con 70% O_2 : 30% CO_2 , manteniéndose en vitrina expositora a 4°C y luz (1200 luxes durante 12 h/día) en el caso de los filetes envasados en MAP, y en nevera y oscuridad en el caso de los filetes envasados al vacío, hasta alcanzar sus días de maduración. En ese momento, los filetes en MAP se reenvasaron al vacío, y junto a los previamente madurados a vacío se congelaron a una temperatura de -18°C .

Para estudiar la textura, 24 horas antes del análisis se sacaron del congelador en tandas de 12 filetes elegidos al azar, descongelándose a una temperatura de 4°C . El análisis de textura se realizó con dos métodos: la cizalla de Warner Bratzler (WB) en carne cocinada, y el método de compresión en carne cruda, aunque éste último se limitó a los filetes de LD por el menor tamaño de los otros músculos. En el análisis de WB, los filetes se cocinaron al vacío en baño de agua a 75°C , hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C , enfriándose a continuación en agua fría. Tras enfriarse, se cortaron los

filetes en la dirección de la fibra muscular eludiendo el tejido conectivo, en muestras de forma rectangular y de 1 cm² de sección. Se utilizó el texturómetro Instron 4301 con la célula de WB, donde se metieron las muestras de modo que la dirección de fibra muscular fuese perpendicular a la célula de la carga. Al cortar la muestra se obtuvieron los valores de la carga máxima (kg/cm²) y la dureza (kg/cm², energía necesaria para cortar la muestra en el punto de máximo esfuerzo), recogiendo la media de 6 repeticiones por cada filete. En el caso del músculo LD, cada filete se partió en dos partes, una para el análisis WB y otra para compresión. En el análisis de compresión, se cortaron muestras de prismas rectangulares, de 1 cm² de sección, en la misma dirección de la fibra muscular del mismo modo que con el WB, pero con la carne sin cocinar. Se recogieron los valores de la carga a una compresión al 20% (C20; N/cm²), que está relacionado con la resistencia de la fibra muscular, y al 80% (C80; N/cm²) que está relacionado con las fibra de tejido conectivo.

9. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Los filetes destinados al análisis de textura, que fueron 5 en el LD y ST, y 2 en el PP en cada animal, se usaron para medir la CRA mediante las pérdidas de agua durante el envasado. Las pérdidas de agua se calcularon por la diferencia de pesos medidos antes y después de la exposición de los filetes de 14 y 21 días de maduración (7 y 14 días de exposición respectivamente) envasados al vacío y en MAP. Las pérdidas de agua durante la congelación y durante la cocción se calcularon a partir de las diferencias de pesos obtenidos previamente y posteriormente a la congelación y la cocción de los filetes de 7, 14 y 21 días de maduración envasados al vacío y en MAP. La CRA se calculó según la ecuación:

$$\text{CRA} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

10. ANÁLISIS VISUAL DE CONSUMIDORES

Los filetes se congelaron a temperatura de -18°C el día de muestreo envasados al vacío. Para la realización del test, 24 horas antes se colocaron a temperatura de refrigeración de 4°C y oscuridad para su descongelación. Un filete por músculo se envasó en bandejas de polietileno (ref. A6/32/PET-EVOH-PE/T; Formas y Envases S.A., Reocin, Cantabria) envuelto en film permeable al oxígeno, y otro en MAP (70:30; $\text{O}_2:\text{CO}_2$) cubiertas por un film de polietileno y poliamida ($50\text{ }\mu$, tasa de transmisión de vapor de agua de $< 5\text{ g/m}^2\cdot\text{d}$ a 23°C y 85% RH, tasa de transmisión de O_2 de $< 5\text{ cm}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ a 23°C y 0% RH y tasa de transmisión de CO_2 de $< 25\text{ cm}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ at 23°C y 0% RH; Linpac Packaging S.L., Pravia, Asturias). Las muestras envasadas se colocaron en una vitrina expositora ZAFRIO a una temperatura media de 4°C y con luz continua con 1200 luxes durante 12 horas. Se registró la temperatura cada día para controlarla. Se preparó una instalación con cuatro fluorescentes y una cámara fija para sacar fotos en condiciones constantes de intensidad de luz y posición. Durante varios días, hasta que la vida útil de las muestras lo permitió, se sacaron de la vitrina y se fotografiaron las bandejas con una cámara Olympus P9000, en el caso del film sin el mismo antes de hacer las fotos, volviéndose a colocar uno nuevo a continuación. La operación se repitió cada día a la misma hora, cambiándose el número de identificación para evitar su identificación por parte de los consumidores.

Para la evaluación de los consumidores, las fotos se grabaron en formato PDF. La aceptabilidad visual y la opción de compra fue realizada con 15 consumidores que valoraron a lo largo de varios días las muestras, comenzando por el músculo LD para seguir por el ST y el PP. Dicha aceptabilidad se puntuó en una escala de 1 (poco aceptable) a 9 (muy aceptable), en el estadillo que se muestra en el Anexo I.

11. ANÁLISIS DE CONSUMIDORES

Los filetes para el análisis sensorial con consumidores de los tres músculos (LD, ST y PP) envasados al vacío y en MAP, se mantuvieron en exposición en una cámara de refrigeración a 4°C en oscuridad (aquellos envasados al vacío), y con luz (aquellos en MAP) durante 7 días, para luego ser congelados todos envasados al vacío a -18°C hasta el día de análisis.

En la preparación de muestras se sacaron los filetes de carne 24 h antes para su descongelación y se mantuvieron en una temperatura de refrigeración 4°C y oscuridad. Para el cocinado de la carne, los filetes se mantuvieron a temperatura ambiente de 20 °C durante una hora antes, se colocaron en papel de aluminio, codificado con número de tres cifras asignadas aleatoriamente. En un grill industrial SAMMIC GRS-5 de doble placa pre-calentado a 200°C se cocinaron sin añadir sal o ningún tipo de especias, hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C controlada por sondas internas de temperatura.

Del filete cocinado se quitó la grasa externa y se cortó en 10 trozos de igual tamaño que se envolvieron en papel de aluminio codificado previamente, manteniéndose a 50° C hasta su presentación al consumidor en menos de 10 minutos.

Un total de 120 consumidores participaron en el análisis. Cada consumidor recibió 12 muestras de carne en orden aleatorio y diferente, de manera que los cuatro primeros fuesen del músculo LD seguidos por cuatro de ST y acabando por cuatro del PP. Las cuatro muestras de cada músculo se diferenciaban entre sí en el tipo de la dieta (concentrado o silo de maíz) y el tipo de envase (MAP y en vacío). Se evaluó la aceptabilidad de la terneza, el sabor y la aceptabilidad general en una escala de 8 puntos (me gusta extremadamente a me desagrada extremadamente, Anexo II). Se eliminó el punto medio para forzar una decisión en positivo o negativo por parte del consumidor, pero a la hora de analizarlo se transformó en una escala de 9 puntos, 9 (me gusta extremadamente) a 1(me desagrada extremadamente), para que la distancia entre cada categoría fuese la misma (1 punto), puesto que entre me gusta ligeramente y me desagrada ligeramente hay dos puntos, al no haberse colocado inicialmente el valor intermedio ni me agrada ni me desagrada (Font i Furnols *et al.*, 2006).

Al final de la degustación los consumidores hicieron una encuesta con hábitos de consumo (Anexo III) con los siguientes bloques de preguntas

- Frecuencia de consumo de carne así como los cortes de la carne vacuna.
- Grado de conocimiento y de interés de las marcas de calidad.
- Grado de interés por el sistema de producción de la carne vacuna y del tipo de envase y variables socio-demográficas.

12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de los análisis instrumental, análisis sensorial y de la encuesta se han analizados mediante un paquete estadístico SPSS 22.0

Modelo Lineal General (MLG)

Se utilizó el modelo que implica el efecto fijo de la alimentación, tipo de envasado, la maduración y sus interacciones en las variables de color, textura y CRA

$$Y = \mu + A_i + D_k + E_l + (A*D)_{ik} + (A*E)_{il} + (D*E)_{kl} + (A*D*E)_{ikl} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y = variable estudiada,

μ = media del modelo,

A_i = efecto del Alimento,

D_k = efecto de la Maduración,

E_l = efecto del tipo de Envase,

$(A*D)$ = interacción entre alimento y maduración,

$(A*E)$ = interacción entre alimento y envase,

$(D*E)$ = interacción entre maduración y envase,

$(S*D*E)$ = interacción entre alimento, maduración y envase, y

ϵ_{ijkl} = error residual.

Se usó otro modelo que incluyó el efecto de músculo para comparar la textura y la CRA de la carne envasada al vacío en los tres músculos:

$$Y = \mu + A_i + M_j + D_k + (A*M)_{ij} + (A*D)_{ik} + (M*D)_{jk} + (A*M*D)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y = variable estudiada,

μ = media del modelo,

A_i = efecto del Alimento,

M_j = efecto del Músculo,

D_k = efecto de la Maduración,

$(A * M)$ = interacción entre alimento y músculo,

$(A * D)$ = interacción entre alimento y maduración,

$(M * D)$ = interacción entre destete y maduración,

$(A * M * D)$ = interacción entre alimento, músculo, maduración, y

ϵ_{ijkl} = error residual.

Un tercer modelo que implica dos factores; el tipo de alimento y músculo en las variables de la composición química

$$Y = \mu + A_i + M_j + (A * M)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y = variable estudiada,

μ = media del modelo,

A_i = efecto del Alimento,

M_j = efecto del Músculo,

$(A * M)$ = interacción entre alimento y músculo, y

ϵ_{ijkl} = error residual.

Análisis de varianza con medidas repetidas

Se utilizó este análisis en las variables de los datos de apreciación visual de las tres piezas comerciales para ver el efecto del alimento y del tipo de envasado en los diferentes días de exposición (0, 7 y 14).

Análisis univariante

Se utilizó en los datos de la encuesta donde se calculó el porcentaje de respuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. RESULTADOS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE CANAL

Los animales de ambos lotes entraron en el cebadero con una edad similar y una leve diferencia en el peso vivo ($P<0.1$) (Tabla 4) que era aparentemente mayor en promedio en el lote de silo que en el lote de pienso (273,83 kg vs 227,67 kg). Los dos lotes tuvieron una ganancia media diaria (GMD) similar. En cuanto a la edad de sacrificio, peso de sacrificio y peso canal la diferencia fue significativa entre los dos lotes con valores medios más altos en los animales de pienso: 473,17, 595,67 y 341,80 kg frente a 437,17, 560,67 y 318,37 kg de los animales de silo de maíz, respectivamente.

El tipo de alimentación no afectó al grado de engrasamiento de las canales, pero la conformación de las mismas evaluada por el sistema SEUROP mostró una tendencia significativa ($P<0.1$) a ser diferente entre los animales de los dos lotes, con un promedio de 8,58 y 7,83 (R+ y R en la escala SEUROP) para las canales de los animales de pienso y silo, respectivamente, posiblemente relacionada con los 35 kg menos de peso al sacrificio y 23 kg menos de canal de los animales alimentados con silo que, de no haber sido diferentes, previsiblemente tampoco habrían mostrado diferencias en la conformación.

Los mismos resultados de la GMD obtuvieron Casasús *et al.* (2012) con la utilización de una mezcla unifeed a base de 80% de silo de maíz y 20% de concentrado, Avilés *et al.* (2015) con una dieta unifeed compuesta por la misma proporción de concentrado, ensilado de maíz y paja de trigo, o Bodas *et al.* (2014) en trabajos anteriores de la misma raza. Por el contrario, la GMD de animales de pienso fue mayor que la de forraje a base de silo de hierba para Caplis *et al.* (2006). Además Steen *et al.* (2000) encontraron una mayor GMD de los animales que recibieron ensilado de hierba y pienso al 38% que los animales que se alimentaron solo con ensilado de hierba. La GMD es similar a la encontrada por Campo *et al.* (1999a) para esta raza pero muy inferior a la publicada por Piedrafita *et al.* (2003) con 1.64 kg/d. Esto podría deberse (además de al efecto alimentación) a que la edad de sacrificio en este último caso fue entre los 12 y 13 meses, más jóvenes que los animales de nuestro. Al sacrificarse con más de 14 meses en nuestro caso, el crecimiento en la última fase se realiza con mayor deposición de grasa y, por lo tanto, se ralentiza el incremento de peso.

La conformación tuvo una tendencia a ser más elevada en las canales de animales de pienso que en las de silo, resultado similar al de Realini *et al.* (2004) comparando animales acabados en el pasto con animales que acabados en silo. Casasús *et al.* (2012) encontraron una diferencia con una mejor conformación en el lote de pienso explicándolo por el mayor contenido de grasa en la dieta de pienso. Además, Keane (2006) encontró que la conformación mejora con el aumento del nivel de pienso en la dieta. Por el contrario, Avilés *et al.* (2015) encontraron una mayor conformación y engrasamiento en la canal de los animales alimentados con una proporción igual de concentrado y silo de maíz y paja frente a concentrado y paja. Los valores de la conformación fueron similares a los obtenidos por Campo *et al.* (1999a).

Tabla 4. Parámetros productivos y de canal de añojos de raza Avileña-Negra Ibérica con diferentes tipos de alimentación.

| | Pienso | Silo | RMSE | sig |
|------------------------------|-----------|-----------|-------|-------|
| edad destete (días) | 190,67 | 190,22 | 45,01 | 0,982 |
| edad entrada cebadero (días) | 196,83 | 204,25 | 45,84 | 0,696 |
| Peso entrada cebadero(kg) | 227,67 | 273,83 | 61,63 | 0,080 |
| Edad sacrificio (días) | 473,17 | 437,17 | 38,15 | 0,031 |
| Peso sacrificio (kg) | 595,67 | 560,67 | 32,45 | 0,015 |
| Peso canal (kg) | 341,80 | 318,37 | 18,71 | 0,006 |
| Rendimiento % | 57,40 | 56,79 | 1,41 | 0,304 |
| Conformación | 8,58 (R+) | 7,83 (R) | 1,01 | 0,083 |
| Engrasamiento | 8,00 (3) | 7,42 (2+) | 0,88 | 0,117 |
| GMD (kg/d) | 1,34 | 1,26 | 0,20 | 0,298 |

GMD: ganancia media diaria; Sig: significación; RMSE: Raíz cuadrada de la varianza.

2. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

La utilización de una mezcla de unifeed concentrado y silo de maíz como alternativa al pienso no afectó a la composición química del músculo LD (Tabla 5). La grasa intramuscular fue mayor en los animales de silo pero la diferencia no fue significativa. Daza *et al.* (2014), y sobre la misma raza, encontraron una mayor grasa intramuscular en la carne de los animales alimentados en pasto libre suplementado con concentrado frente a la de los animales alimentados con concentrado. Tampoco hubo

efecto significativo de la alimentación sobre la composición química de los músculos ST y PP.

Se ha encontrado una diferencia significativa entre los tres músculos en el porcentaje de proteína, grasa y cenizas. Las diferencias se observaron en los animales de pienso, de manera que el porcentaje de proteína ha sido más alto en LD (Tabla 6), intermedio en el PP y más bajo en el ST. Por el contrario el porcentaje de cenizas ha sido más elevado en ST, intermedio en el PP y más bajo en LD. El contenido en grasa intramuscular ha resultado mayor en el músculo PP, intermedio en LD y más bajo en ST. En estas diferencias influirían las distintas características funcionales, estructurales y metabólicas de la fibra muscular de cada músculo (rápida glicolítica o lenta oxidativa).

Efecto de la alimentación

No se observaron diferencias significativas asociadas a la alimentación en los porcentajes de humedad, proteína, grasa intramuscular y cenizas. Los mismos resultados fueron encontrados por French *et al.* (2000b) y Daza *et al.* (2014) en su trabajo sobre la raza Avileña-Negra Ibérica. Por el contrario, Costa *et al.* (2013) encontraron una mayor proporción de grasa intramuscular en los músculos LD y ST de los animales que reciben una baja proporción de silo de maíz (30%) en la mezcla frente a los que reciben una alta proporción (70%). Además, otros estudios han encontrado una mayor proporción de grasa intramuscular en el LD en animales alimentados a base de pienso que de forraje (Nuernberg *et al.*, 2005; Wood *et al.*, 2008; Alfaia *et al.*, 2009; Daza *et al.*, 2014) asociando esta diferencia a la energía de la dieta, muy superior en el concentrado. La ausencia de diferencias en nuestro trabajo podría ser debido a una buena calidad del silo de maíz utilizado.

Los valores diferentes de humedad, proteína y grasa intramuscular de nuestro trabajo (72.8%, 22.2% y 3,8%) con respecto a los obtenidos por Serra *et al.* (2008) de 74,9%, 21,8% y 2,7% pueden ser debidos a la edad de sacrificio porque a edad más avanzada se deposita más grasa intramuscular, sobre todo si la dieta es de alta energía, y la proporción de grasa aumenta, disminuyendo la proporción de agua. Li *et al.* (2011) mostraron que los animales de mayor edad tienen un alto % de proteína y bajo % de humedad.

Valores inferiores de la grasa intramuscular fueron encontrados en trabajos anteriores sobre la misma raza (Campo *et al.*, 1999a y Piedrafita *et al.*, 2003) con un 3,1% y 2,8% respectivamente. Nuestros valores de grasa intramuscular son inferiores al 5%, por lo tanto estaría clasificada como una raza magra según el Food Advisory Committee (1990).

Tabla 5. Nivel de significación de los factores alimentación y músculo sobre la composición química.

| | A | M | M * A |
|-----------|-------|-------|-------|
| Humedad | 0,490 | 0,690 | 0,830 |
| Proteínas | 0,220 | 0,000 | 0,630 |
| Grasas | 0,470 | 0,040 | 0,380 |
| Cenizas | 0,780 | 0,020 | 0,440 |

A: Alimentación, M: Músculo, M * A: Interacción músculo x alimentación.

Tabla 6. Composición química de los tres músculos (LD, ST y PP) de animales acabados con pienso y silo de maíz.

| | LD | | ST | | PP | | RMSE |
|----------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|------|
| | Pienso | Silo | Pienso | Silo | Pienso | Silo | |
| Humedad | 72,83 | 72,24 | 73,08 | 72,73 | 72,91 | 72,95 | 1,80 |
| Proteína | 22,16 | 21,50 | 20,35 | 20,34 | 21,19 | 20,83 | 1,17 |
| Grasas | 3,82 | 4,76 | 3,18 | 3,80 | 5,24 | 4,68 | 1,96 |
| Cenizas | 1,07 | 1,10 | 1,17 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 0,09 |

LD: *Longissimus dorsi*, ST: *Semitendinoso*, PP: *Pectoralis profundus*, RMSE: Raíz cuadrada de varianza.

3. ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS

En la composición química del músculo, ha habido más ácidos grasos saturados afectados por la alimentación en el músculo LD que en el ST y PP (Tabla 7). Especialmente significativo ha sido el mayor porcentaje de ácidos palmítico (C16:0; $P=0.04$) y esteárico (C18:0; $P=0.06$) en el músculo LD de animales alimentados con silo, y que no se han visto afectados por la alimentación en el caso de los músculos ST y PP. En el caso de los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y, especialmente, poliinsaturados (AGPI), el mayor efecto de la dieta se ha observado en los músculos ST y PP.

Efecto de la alimentación

La alimentación afectó de la misma manera en los músculos ST y PP sobre el porcentaje de ácidos grasos (Tabla 7), donde se observa una ausencia del efecto de la alimentación sobre la proporción de AG mayoritarios C16:0, C18:0 y C18:2 $n-6$, excepto C18:1 $n-9$, que es mayor en la carne de la dieta a base de concentrado. El ácido conjugado linoleico (CLA) y los AG trans no se vieron afectados por la alimentación en estos dos músculos. Sin embargo, en el músculo LD el porcentaje de CLA fue mayor en la dieta unifeed.

La utilización de la dieta unifeed a base de silo de maíz frente a concentrado disminuyó la concentración de AGMI (Tabla 8), aumentando la de AGPI $n-3$ y disminuyendo el índice de $n-6/n-3$ en los tres músculos. El porcentaje de AGPI $n-6$ no se vio afectado por la alimentación, a excepción del músculo PP donde el silo aumentó dicho porcentaje, quizás debido al menor porcentaje de AGMI lo cual pudo aumentar porcentualmente la importancia relativa del resto de ácidos grasos. La carne de LD de los animales de silo tuvo un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados (AGS) y similar proporción de AGPI que de concentrado, consecuentemente un mayor índice de saturación y de índices de aterogeneidad y trombogeneidad relacionados con la salud.

En nuestro estudio, la mayor saturación del músculo LD de los animales de silo frente a concentrado podría ser la consecuencia del aumento en la cantidad de la grasa intramuscular de estos animales (Tabla 4) mismo resultado encontrado por Warren *et al.* (2008b) en utilización de silo de ray-grass, lo que provoca una disminución de la

relación AGPI/AGS y el aumento del índice de saturación. Este aumento de AGS fue a costa de los AGMI, debido sobre todo a la disminución del porcentaje de ácido oleico (C18:1 *n*-9). Estos resultados también son similares a los de Duckett *et al.* (2013) utilizando diferentes forrajes en forma de pasto mixto. Casasús *et al.* (2012) también han encontrado una disminución del ratio *n*-6/*n*-3 debido al aumento de los ácidos grasos *n*-3 por la utilización de silo de maíz. Esto se relaciona con la mayor composición de AG *n*-3 en el forraje en relación al mayor contenido en AG *n*-6 que tienen tanto los cereales como la soja, ingredientes principales del concentrado. Los AG linoleico y α -linolénico son ácidos grasos esenciales, es decir, sólo se pueden incorporar a partir de la alimentación por no poder ser sintetizados a partir de otros ácidos grasos. Al ser estos ácidos grasos los precursores de las series de AG *n*-6 y *n*-3 respectivamente, aquellas dietas más ricas en algunos de estos dos ácidos grasos producirán cambios en la composición de la grasa animal relacionados con su ingesta. Se puede considerar que el aumento de C22:6 *n*-3 en la carne de los tres músculos de animales de silo son la consecuencia del aumento de C18:3 *n*-3, ya que este último es el precursor de la serie *n*-3 como ya se ha comentado (Warren *et al.*, 2008b). Este mismo resultado del aumento de los AGS y AGPI y al mismo tiempo la disminución de AGMI se ha observado con la utilización de silo de maíz en lugar silo de hierba (Moloney *et al.*, 2013) o pasto (Łozicki *et al.*, 2012).

En las Tablas 7 y 8 se puede destacar que en comparación con el LD, que se considera un músculo de primera categoría, los músculos ST y PP tuvieron mayor proporción de CLA, AGPI y mayor relación AGPI/AGS además de menor porcentaje de AGS, menor relación *n*-6/*n*-3, S/P y menores índices de salud. De otro lado en comparación entre el efecto de la dieta sobre cada músculo, parece que el silo de maíz produce un aumento de los AGPI y *n*-3 en estos dos músculos respecto al LD.

Tabla 7. Ácidos grasos identificados (% de ácidos grasos totales) y significación de los efectos en análisis GLM para los sumatorios de AG de la grasa intramuscular de los tres músculos.

| Ácidos grasos % del total | LD | | | | ST | | | | PP | | | |
|------------------------------|--------|-------|------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|------|------|
| | Pienso | Silo | RMSE | A | Pienso | Silo | RMSE | A | Pienso | Silo | RMSE | A |
| C10:0 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,14 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,12 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 1,00 |
| C12:0 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,42 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,13 |
| C14:0 | 2,09 | 2,09 | 0,45 | 0,99 | 1,74 | 1,45 | 0,39 | 0,07 | 1,90 | 1,61 | ,40 | 0,09 |
| C15:0 | 0,28 | 0,25 | 0,04 | 0,04 | 0,27 | 0,22 | 0,04 | 0,00 | 0,27 | 0,21 | 0,04 | 0,01 |
| C16:0 | 23,61 | 25,17 | 1,71 | 0,04 | 22,61 | 22,48 | 1,30 | 0,82 | 21,85 | 22,06 | 1,50 | 0,73 |
| C17:0 | 0,91 | 0,78 | 0,11 | 0,01 | 0,81 | 0,71 | 0,08 | 0,01 | 0,78 | 0,64 | 0,11 | 0,01 |
| C18:0 | 17,03 | 19,18 | 2,69 | 0,06 | 12,89 | 13,98 | 2,14 | 0,23 | 12,85 | 13,84 | 1,97 | 0,23 |
| C19:0 | 0,17 | 0,18 | 0,03 | 0,41 | 0,15 | 0,17 | 0,03 | 0,25 | 0,16 | 0,16 | 0,03 | 0,88 |
| C20:0 | 0,12 | 0,12 | 0,02 | 0,74 | 0,09 | 0,10 | 0,02 | 0,57 | 0,13 | 0,11 | 0,07 | 0,58 |
| C22:0 | 0,04 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,11 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,12 | 0,04 | 0,00 |
| AGMI | | | | | | | | | | | | |
| C14:1 | 0,28 | 0,21 | 0,12 | 0,18 | 0,33 | 0,21 | 0,13 | 0,04 | 0,48 | 0,30 | 0,18 | 0,03 |
| C15:1 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,26 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,19 |
| C16:1 | 2,24 | 1,81 | 0,51 | 0,05 | 2,47 | 1,84 | 0,54 | 0,01 | 3,10 | 2,22 | 0,73 | 0,01 |
| C17:1 | 0,55 | 0,36 | 0,11 | 0,00 | 0,61 | 0,43 | 0,12 | 0,00 | 0,66 | 0,43 | 0,11 | 0,00 |
| tC18:1 <i>n</i> 10-11 | 2,66 | 2,82 | 0,59 | 0,50 | 2,31 | 2,23 | 0,55 | 0,75 | 2,40 | 2,28 | 0,66 | 0,64 |
| C18:1 <i>n</i> -9 | 33,16 | 29,58 | 3,12 | 0,01 | 32,49 | 29,06 | 3,47 | 0,02 | 34,21 | 29,07 | 4,30 | 0,01 |

| | LD | | | | ST | | | | PP | | | |
|--------------------|--------|------|------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|------|------|
| | Pienso | Silo | RMSE | A | Pienso | Silo | RMSE | A | Pienso | Silo | RMSE | A |
| C18:1 <i>n</i> -11 | 1,49 | 1,16 | 0,14 | 0,00 | 1,65 | 1,40 | 0,19 | 0,00 | 1,78 | 1,45 | 0,16 | 0,00 |
| C18:1 <i>n</i> -13 | 0,19 | 0,29 | 0,10 | 0,03 | 0,21 | 0,28 | 0,14 | 0,24 | 0,28 | 0,36 | 0,12 | 0,14 |
| C20:1 | 0,14 | 0,12 | 0,03 | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,05 | 0,69 | 0,18 | 0,16 | 0,04 | 0,22 |
| C22:1 <i>n</i> -9 | 0,08 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,85 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| AGPI | | | | | | | | | | | | |
| tC18:2 <i>n</i> -6 | 0,13 | 0,14 | 0,03 | 0,25 | 0,14 | 0,17 | 0,03 | 0,03 | 0,19 | 0,17 | 0,10 | 0,51 |
| C18:2 <i>n</i> -6 | 9,51 | 9,12 | 2,60 | 0,72 | 12,94 | 14,36 | 3,20 | 0,29 | 11,51 | 14,15 | 4,35 | 0,15 |
| CLA | 0,24 | 0,34 | 0,08 | 0,00 | 0,34 | 0,34 | 0,10 | 0,97 | 0,37 | 0,59 | 0,41 | 0,20 |
| C18:3 <i>n</i> -6 | 0,04 | 0,06 | 0,02 | 0,15 | 0,05 | 0,09 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,08 | 0,03 | 0,00 |
| C18:3 <i>n</i> -3 | 0,23 | 0,28 | 0,05 | 0,02 | 0,28 | 0,41 | 0,07 | 0,00 | 0,26 | 0,36 | 0,08 | 0,00 |
| C20:2 <i>n</i> -6 | 0,06 | 0,07 | 0,01 | 0,15 | 0,08 | 0,12 | 0,02 | 0,00 | 0,07 | 0,14 | 0,05 | 0,00 |
| C20:2 <i>n</i> -3 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,93 | 0,12 | 0,17 | 0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,19 | 0,06 | 0,01 |
| C20:3 <i>n</i> -6 | 0,29 | 0,38 | 0,12 | 0,07 | 0,45 | 0,75 | 0,18 | 0,00 | 0,40 | 0,74 | 0,20 | 0,00 |
| C20:3 <i>n</i> -3 | 0,02 | 0,11 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,16 | 0,09 | 0,01 | 0,11 | 0,14 | 0,10 | 0,46 |
| C20:4 <i>n</i> -6 | 1,91 | 2,05 | 0,80 | 0,67 | 3,22 | 4,11 | 1,05 | 0,05 | 2,82 | 4,23 | 1,25 | 0,01 |
| C20:5 <i>n</i> -3 | 0,12 | 0,12 | 0,07 | 0,84 | 0,22 | 0,32 | 0,12 | 0,05 | 0,17 | 0,34 | 0,14 | 0,01 |
| C22:2 <i>n</i> -6 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| C22:5 <i>n</i> -3 | 0,25 | 0,33 | 0,08 | 0,05 | 0,53 | 0,84 | 0,25 | 0,01 | 0,47 | 0,84 | 0,26 | 0,00 |
| C22:6 <i>n</i> -3 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,03 | 0,02 |

Tabla 8. Sumatorios de AG, relaciones e índices nutricionales de la grasa intramuscular del LD.

| | LD | | | | ST | | | | PP | | | |
|--------------------------|--------|-------|------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|------|------|
| | Pienso | Silo | RMSE | A | Pienso | Silo | RMSE | A | Pienso | Silo | RMSE | A |
| AGS | 44,62 | 48,31 | 2,28 | 0,00 | 39,21 | 40,06 | 2,69 | 0,45 | 38,53 | 39,30 | 2,52 | 0,46 |
| AGMI | 40,77 | 36,36 | 3,73 | 0,01 | 40,25 | 35,63 | 4,09 | 0,01 | 43,11 | 36,28 | 5,36 | 0,01 |
| AGPI | 12,88 | 13,08 | 3,62 | 0,89 | 18,49 | 21,93 | 4,67 | 0,08 | 16,58 | 22,09 | 6,43 | 0,05 |
| <i>n</i> -6 | 11,93 | 11,82 | 3,45 | 0,94 | 16,89 | 19,63 | 4,29 | 0,13 | 15,05 | 19,55 | 5,68 | 0,06 |
| <i>n</i> -3 | 0,71 | 0,92 | 0,22 | 0,03 | 1,26 | 1,97 | ,53 | 0,00 | 1,16 | 1,94 | ,61 | 0,00 |
| AGPI/AGS | 0,29 | 0,27 | 0,08 | 0,62 | 0,47 | 0,56 | 0,14 | 0,16 | 0,43 | 0,58 | 0,21 | 0,10 |
| <i>n</i> -6/ <i>n</i> -3 | 17,04 | 12,61 | 2,06 | 0,00 | 13,70 | 10,46 | 2,35 | 0,00 | 13,45 | 10,45 | 2,13 | 0,00 |
| S/P | 0,80 | 0,94 | 0,09 | 0,00 | 0,64 | 0,66 | 0,07 | 0,41 | 0,62 | 0,65 | 0,07 | 0,25 |
| AI | 0,60 | 0,68 | 0,07 | 0,01 | 0,51 | 0,50 | 0,06 | 0,64 | 0,50 | 0,50 | 0,06 | 0,95 |
| IT | 1,51 | 1,73 | 0,16 | 0,00 | 1,16 | 1,14 | 0,15 | 0,80 | 1,12 | 1,12 | 0,14 | 0,96 |

LD: *Longissimus dorsi*, ST: *Semitendinoso*, PP: *Pectoralis profundus*, A: Alimentación, CLA: sumatorio de isómeros de ácido linoleico conjugado, AGS: ácidos grasos saturados, AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados, S/P: Índice de saturación, IA: Índice de aterogeneidad, IT: Índice de trombogeneidad, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza.

4. ANÁLISIS DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA (TBA)

El tipo de alimentación no afectó a la oxidación lipídica de la carne de los tres músculos estudiados. Solo se observó una tendencia en el músculo LD (Tabla 9), donde la carne procedente de los animales alimentados con pienso estaba más oxidada que la carne de los animales alimentados con silo. En todas las muestras envasadas en atmósfera modificada se observó un aumento de la oxidación a medida que aumentó el tiempo de exposición, mientras que en las muestras envasadas al vacío la oxidación se mantuvo estable a lo largo del tiempo. El tipo de envasado afectó a la oxidación de la carne, siendo ésta mayor en las muestras envasadas en atmósfera modificada, independientemente del tipo de músculo. Además parece que el ritmo de oxidación durante el tiempo de exposición en MAP es más alto en la carne de los animales de silo que en los de concentrado y eso conduce a la desaparición de la diferencia de la oxidación entre los dos tipos de alimentación. Hubo una interacción significativa entre el tiempo de exposición y tipo de envase, debido al aumento de la oxidación lipídica a lo largo del tiempo de exposición (0, 7 y 14 días) en las muestras de MAP y sin alteración en la carne envasada al vacío. En los tres músculos, los valores de oxidación lipídica después de 7 y 14 días de exposición fueron mucho más altos en las muestras envasadas en MAP que en las muestras envasadas al vacío.

Efecto de la alimentación

Existen diversos estudios en la literatura que hablan del efecto del uso de pasto o el forraje en la alimentación de los animales en comparación con el uso de concentrado sobre la oxidación lipídica, siendo mejor la estabilidad de la oxidación lipídica en los animales alimentados con pasto (Mercier *et al.*, 2004; Descalzo *et al.*, 2005; Gatellier *et al.*, 2005; Tansawat *et al.*, 2011). Mercier *et al.* 2004 observaron que los animales alimentados con pasto presentan un mayor potencial de oxidación debido a su mayor contenido en AGPI, pero el alto contenido en vitamina E y superóxido dismutasa (SOD) que ejercen su poder antioxidante permitirían una mayor estabilidad lipídica en comparación con el uso de concentrado. Sin embargo, existen estudios que no mostraron esta diferencia ya que encontraron una mayor oxidación lipídica en la carne de los animales de silo de maíz que en silo de hierba (O'Sullivan *et al.*, 2002; Nuernberg *et al.*, 2005).

Eikelenboom *et al.* (2000) encontraron una menor oxidación de la carne envasada al vacío durante 12 días en los músculos LD y psoas mayor de animales que recibieron una dieta suplementada con vitamina E frente a animales alimentados con concentrado, aunque esta diferencia no fue notoria a los 0 días de exposición. El mismo resultado se observó en este ensayo después de 7 días de exposición en MAP (Tabla 10). En nuestro trabajo, el alto potencial antioxidante del silo de maíz dio lugar a un bajo nivel de oxidación lipídica de la carne, en los 7 primeros días de exposición, pero al mismo tiempo su perfil de AG y su alto contenido en AGPI, sobre todo *n*-3, generó un ritmo de oxidación elevado (Fuentes *et al.*, 2014), ya que la reacción de oxidación es una reacción en cascada.

La oxidación lipídica de la carne expuesta durante 14 días en atmósfera modificada superó el valor de 2 mg de MDA/ kg de carne, nivel que según algunos autores sobrepasaría el nivel de aceptabilidad por parte del consumidor (Wood *et al.*, 2003; Campo *et al.*, 2006; Fraqueza y Barreto, 2009). Esta es una de las razones por las que la vida útil de la carne en expositores comerciales rara vez supera los 7 días.

Efecto de la maduración y el tipo de envase

La oxidación lipídica de la carne aumenta con el tiempo de exposición en MAP (Resconi *et al.*, 2012; Humada *et al.*, 2014), además la luz utilizada en la exposición de la carne en el MAP también afecta negativamente, ya que se trata de un factor prooxidante (Bak *et al.*, 1999). Entornos con alta concentración de oxígeno promueven la aparición y la intensidad de la oxidación de lípidos. Zakrys *et al.* (2009) encontraron una correlación directa positiva entre la concentración de O₂ en MAP (0, 10, 20, 50 y 80% O₂) y los niveles de oxidación en filetes de carne. Sin embargo, otros autores han observado que el aumento del nivel de oxígeno no es necesariamente productor de mayor oxidación lipídica (Resconi *et al.*, 2012). La maduración de la carne al vacío previamente a su exposición al oxígeno sugiere una disminución en la competición por la utilización de O₂ con las enzimas de la tenderización, por lo tanto aumentaría su disponibilidad y entonces cualquiera que fuese el nivel de O₂ en la atmósfera produciría un mismo nivel de oxigenación. Con el mismo mecanismo, además de la alta concentración de O₂ utilizada en nuestro proyecto (70%), se podría explicar que en la carne de silo de maíz no se retrasara la oxidación lipídica, a pesar del mayor nivel de

antioxidantes naturales, que podrían haber prevenido la oxidación lipídica (Campo *et al.*, 2006; Ripoll *et al.*, 2014).

La estabilidad de la oxidación lipídica durante el tiempo de exposición en envase a vacío en este trabajo, coincide con los resultados encontrados por otros autores (Vitale *et al.*, 2014) por lo tanto, la carne envasada al vacío experimentó una oxidación menor y con mayor estabilidad a lo largo del tiempo, en comparación con la carne envasada en MAP (Gobert *et al.*, 2010). En consecuencia, se podría decir que el envasado al vacío prolonga la vida útil de la carne al evitar la acción prooxidante de los gases como el oxígeno, presente en casi todas las atmósferas utilizadas en conservación de alimentos (Franco *et al.*, 2009).

Tabla 9. Nivel de significación de la oxidación lipídica del músculo LD.

| | A | T | E | A * T | A * E | T * E | A * T * E |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| TBA | 0,050 | 0,000 | 0,000 | 0,335 | 0,086 | 0,000 | 0,340 |

LD: *Longissimus dorsi*, A: Alimentación, T: Tiempo de exposición, E: Envasado, *: Interacción.

Tabla 10. Oxidación lipídica del músculo LD de animales alimentados con pienso o silo de maíz, envasada en MAP o vacío a lo largo del tiempo de exposición.

| | Pienso | | | | | Silo | | | | | RMSE |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 0 | 7 | | 14 | | 0 | 7 | | 14 | | |
| | - | MAP | Vacío | MAP | Vacío | - | MAP | Vacío | MAP | Vacío | |
| TBA(mg MDA/kg carne) | 0,09d | 0,98b | 0,1d | 2,25a | 0,08d | 0,07d | 0,52c | 0,08d | 2,04a | 0,07d | 0,37 |

TBA: Ácido tiobarbitúrico, MDA: Ácido malonaldehído, LD: *Longissimus dorsi*, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza.

Tabla 11. Nivel de significación de la oxidación lipídica del músculo ST.

| | A | T | E | A * T | A * E | T * E | A * T * E |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| TBA | 0,725 | 0,000 | 0,000 | 0,601 | 0,800 | 0,000 | 0,541 |

TBA: Ácido tiobarbitúrico, ST: *Semitendinoso*, A: Alimentación, T: Tiempo de exposición, E: Envasado, *: Interacción.

Tabla 12. Oxidación lipídica del músculo ST de animales alimentados con pienso o silo de maíz y envasada en MAP o vacío a lo largo del tiempo de exposición.

| | Pienso | | | | | Silo | | | | | RMSE |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| | 0 | 7 | | 14 | | 0 | 7 | | 14 | | |
| | - | MAP | Vacío | MAP | Vacío | - | MAP | Vacío | MAP | Vacío | |
| TBA(mg MDA/kg carne) | 0,07c | 0,98b | 0,08c | 2,27a | 0,13c | 0,11c | 0,82b | 0,08c | 2,3a | 0,08c | 0,27 |

TBA: Ácido tiobarbitúrico, MDA: Ácido malonaldehído, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza, a.b.c: Diferencia entre los tratamientos.

Tabla 13. Nivel de significación de la oxidación lipídica del músculo PP.

| | A | T | E | A * T | A * E | T * E | A * T * E |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| TBA | 0,690 | 0,000 | 0,000 | 0,14 | 0,72 | 0,000 | 0,15 |

TBA: Ácido tiobarbitúrico, PP: *Pectoralis profundus*, A: Alimentación, T: Tiempo de exposición, E: Envasado, * Interacción.

Tabla 14. Oxidación lipídica del músculo PP de animales alimentados con pienso o silo de maíz y envasada en MAP o vacío a lo largo del tiempo de exposición.

| | Pienso | | | | | Silo | | | | | RMSE |
|----------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| | 0 | 7 | 14 | 0 | 7 | 14 | | | | | |
| | MAP | Vacío | MAP | Vacío | MAP | Vacío | MAP | Vacío | | | |
| TBA(mg MDA/kg carne) | 0,11 d | 1,29b | 0,12 d | 2,34a | 0,11 d | 0,1 d | 0,85c | 0,12 d | 2,62a | 0,11d | 0,45 |

TBA: Ácido tiobarbitúrico, MDA: Ácido malonaldehído, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza, a.b.c: Diferencia entre los tratamientos.

5. COLOR

En la Tabla 15 se indica la significación de los tres efectos valorados, tipo de alimentación, tiempo de exposición y tipo de envase sobre los parámetros de color de la carne del músculo **LD**. La alimentación afectó significativamente a los valores de L^* , a^* y el tono, mostrando una tendencia sobre el Chroma, pero no afectó al índice b^* ni a la decoloración. La luminosidad mostró una diferencia importante entre la carne de los animales de silo y pienso en valores promedio (36,92 vs 35,95) y asimismo en el día 14 de exposición con valores más altos para la carne envasada al vacío (38,15 vs 35,77) (Tabla 16). Al contrario que la luminosidad, el índice de rojo a^* fue mayor en promedio en la carne de los animales alimentados con pienso (10,39 vs 9,36) y como consecuencia el tono fue inferior en la carne de estos animales, con una diferencia más evidente en el día 14 de exposición para ambos envasados (Tabla 16). El Chroma tendió a ser mayor en la carne de animales alimentados con pienso. Hubo una interacción significativa ($P < 0.001$) entre tiempo y tipo de envase en todas las variables de color. La L^* de la carne envasada en atmósfera modificada aumentó significativamente con el tiempo de exposición (por encima del 19% en ambos tipos de alimentación) mientras que la de carne envasada al vacío fue muy parecida a 0 y 7 días, aumentando como máximo un 9,9% a los 14 días con alimentación de silo. Tanto el índice de amarillo como el índice de rojo fueron similares durante todo el tiempo de envasado al vacío mientras que en la carne expuesta en MAP ambos aumentaron significativamente a los 7 días en ambas alimentaciones (a^* superior al 40% y b^* superior al 30%) aunque posteriormente tuvieron una importante caída hasta los 14 días. A este tiempo de exposición, el índice a^* en la carne de MAP bajó mucho más que la de vacío y en el caso de b^* la carne envasada en MAP quedó con valores más altos. El Chroma y el tono quedaron estables durante todo el tiempo de envasado al vacío pero en la carne expuesta al MAP, el Chroma aumentó a 7 días volviendo a bajar a 14 días, siendo el tono similar a 0 y 7 días y aumentando a 14 días de exposición.

En cuanto al músculo **ST**, la alimentación tuvo un efecto significativo sobre la luminosidad y una tendencia sobre la decoloración. Tanto el tiempo de exposición como el tipo de envase tuvieron una influencia muy importante sobre todos los parámetros medidos. El efecto de interacción entre alimentación y tipo de envase fue significativo sobre el índice a^* pero tuvo solo una tendencia sobre el Chroma y el tono (Tabla 17).

Como en el LD, la luminosidad fue mayor en promedio en la carne de los animales de silo, el índice de rojo mayor en la carne de los animales de pienso con el envase de vacío y, como consecuencia, una tendencia de menor tono y mayor Chroma en la carne de estos animales. La carne de los animales de silo tuvo una menor decoloración que la de pienso en promedio y mostró una diferencia significativa tras 7 días de exposición en MAP. Además del efecto de alimentación, los parámetros de color se vieron afectados ($P < 0.01$) por una interacción entre el tiempo y tipo de envase (Tabla 17). La luminosidad aumentó visiblemente con el tiempo en la carne envasada en el MAP y vacío, pero más claramente en la carne expuesta en MAP (25,27% vs 9,20%). Independientemente del tipo de alimentación, en la carne envasada en MAP el índice a^* quedó estable durante 7 días descendiendo su valor de manera importante (62,55%) para llegar a una cifra muy por debajo del índice a^* de la carne envasada al vacío a 14 días. Al mismo tiempo, el índice b^* aumentó un 34,23% a 7 días estabilizándose a continuación. El tono aumentó significativamente (52,19%) durante el tiempo de exposición en MAP, pero en la carne envasada al vacío solo aumentó un 8,59% en los primeros 7 días y luego se estabilizó, mientras que el Chroma aumentó (24,71%) a 7 días de exposición en MAP para posteriormente bajar (17,95%) a un nivel similar al Chroma de la carne envasada al vacío, que no mostró variación durante todo el periodo de envasado. Por último, la decoloración en este músculo aumentó (91,99%) con un ritmo elevado durante la exposición en el MAP, sin embargo mostró una gran estabilidad en la carne envasada al vacío.

Efecto de la alimentación

Los resultados de la luminosidad en este trabajo son concordantes con Stercová *et al.* (2008) que encontraron una mayor luminosidad en la carne de los animales de silo de maíz en comparación con los de concentrado a 6 días post sacrificio. El mayor aumento de la luminosidad en la carne envasada al vacío de animales alimentados con unifeed a 21 días de maduración (14 de exposición) en LD y a 14 días (7 de exposición) en ST podría ser explicada por el distinto nivel de glucógeno (Vestergaard *et al.*, 2000) o por la distinta concentración de mioglobina (Bidner *et al.*, 1986). Por el contrario, otros autores han encontrado una ausencia de diferencia en la luminosidad entre la carne de animales de concentrado y forraje: Bjorklund *et al.* (2014) en terneros de raza lechera que recibieron silo de maíz, concentrado al 80% o pasto silo de hierba, French *et al.*

(2001) en la carne de 14 días de bueyes del cruce Limousin x Charolais que recibieron hierba con diferentes porcentajes de suplementación frente a concentrado *ad libitum* y, por último, Walsh *et al.* (2008) no encontraron diferencia en el color de la carne medida 24 h después el sacrificio de animales de silo de maíz frente a los de concentrado.

Luciano *et al.* (2009) obtuvieron una mayor estabilidad del color de la carne de animales de pasto que de concentrado, debido a su efecto positivo sobre las enzimas antioxidantes endógenas del músculo, que protegen la oximioglobina de su auto oxidación y la alta concentración de la vitamina C en el pasto. En este trabajo, la alimentación influyó más en el LD que en el ST. No obstante hay que tener en cuenta que se parte de una carne más roja como corresponde a una raza rústica de capa negra como la Avileña-Negra Ibérica.

Efecto de la maduración y tipo de envase

Los resultados de la carne envasada al vacío del LD han sido similares al trabajo de Lee *et al.* (2008) que encontraron una estabilidad de a^* , b^* y C^* a 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días de envasado al vacío y también en el valor de L^* que mostró valores altos a 14 días de envasado y en nuestro trabajo fue a 21 días de maduración (14 de exposición). Asociaron sus resultados a una estabilidad de la proporción de la oximioglobina. El aumento de L^* en la carne expuesta en MAP o vacío de ambos músculos también fue observada por Insausti *et al.* (1999) y Oliete *et al.* (2005). Podría deberse a la desintegración de la línea Z que generaría la incidencia de una mayor cantidad de luz (Oliete *et al.*, 2005). Una L^* mayor en la carne de MAP que en la de vacío podría ser debido a la alta concentración de O_2 en MAP que podría entrar en los filetes haciéndolo más luminoso (Insausti *et al.*, 1999). El aumento de a^* en la carne expuesta en MAP durante los primeros 7 días sería la consecuencia de la formación mayor de oximioglobina por la presencia de O_2 . Posteriormente, la maduración afectaría al mecanismo celular que rige el potencial reductor de la mioglobina (Mancini *et al.*, 2014) disminuyendo la actividad mitocondrial con el ciclo de Krebs que juega un papel importante en la reducción de la metamioglobina que conduce a la disminución de a^* o al aumento de la oxidación de la mioglobina por disminución del antioxidante α -tocoferol (Largersted *et al.*, 2011). Este aumento de L^* , a^* y b^* en los primeros días de

exposición en MAP y luego su disminución también fue observado por Insausti *et al.* (2001).

La decoloración se debe a la disminución de la oximioglobina y aumento de la metamioglobina. En nuestros resultados, el aumento de la decoloración en MAP se asociaría a la disminución de los índices a^* y b^* y su estabilidad en el vacío lo sería por la estabilidad en el tiempo de ambos índices. Vitale *et al.* (2014) también encontraron una ausencia de decoloración en la carne envasada al vacío desde el día 3 hasta el día 21 y de la carne expuesta en MAP hasta el día 9 tras 6 ó 8 días de envasado al vacío. Todos los valores de la decoloración, excepto la carne expuesta en MAP durante 14 días y la carne del músculo ST expuesta en MAP durante 7 días para los animales de pienso, fueron superiores a 12.5, un valor que para Vitale *et al.* (2014) marcaría el límite de aceptación por parte del consumidor en su apreciación visual.

6. TEXTURA

La mayoría de los parámetros medidos estuvieron afectados por la alimentación, en menor medida por el tiempo de exposición, mientras que el tipo de envasado prácticamente no tuvo ningún efecto.

Hubo una interacción significativa ($P<0.01$) en LD entre el tipo de alimentación y el tiempo de maduración sobre la compresión al 20% (C20, Tabla15), donde se observó en el día 0 un mayor valor de C20 en la carne de los animales de pienso que en los de silo (9,26N vs 6,67N) (Tabla16). Posteriormente, a 7 y 14 días de exposición (14 y 21 de maduración) esta diferencia desapareció. Los parámetros de textura de la carne cocinada, como la fuerza máxima y la dureza, fueron mayores ($P<0.01$) en la carne de animales alimentados con pienso que en los de silo. La C20 disminuyó tras 14 días de maduración (7 de exposición) estabilizándose en la carne de los animales de pienso, mientras que no varió durante el tiempo de envasado en la carne de los de silo. El tiempo de maduración también afectó a la fuerza máxima, siendo la carne de 7 y de 14 días de exposición similares y menores que la carne de 0 días de exposición. En la textura no tuvo efecto significativo el tipo de envase excepto una tendencia (Tabla 15) de una mayor compresión al 20% en la carne envasada en MAP (6,95 vs 6,19N). En general, la terneza de la carne de 7 días de exposición fue similar a la de 14 días, posiblemente porque al sumar la maduración inicial en pieza durante 7 días, se obtuvieron maduraciones de 14 y 21 días, que son lo suficientemente largas como para anular las posibles diferencias que se hubiesen producido en estadíos iniciales debidas a los factores en estudio.

La dureza y la fuerza máxima de la carne del músculo *semitendinosus* se vieron afectadas solo por el envasado con una mayor fuerza máxima y dureza en la carne envasada en atmósfera modificada que envasada al vacío, mientras el tipo de la dieta y la maduración (exposición) no tuvieron un efecto significativo sobre los parámetros de la dureza de la carne en este músculo y en el PP.

En la Tabla 20 se señalan los efectos de alimentación (músculos LD y ST) y exposición sobre los parámetros de la textura en el mismo modelo estadístico. El envase no tuvo interacción significativa con otros factores en estas medidas por lo que se realizó un análisis sin tener en cuenta esta variable. Hubo una interacción significativa

entre músculo y alimentación y entre músculo y exposición sobre la fuerza máxima ($P<0.05$), que fue mayor en el músculo LD que ST en el día 0 y 7 de exposición (7 y 14 de maduración) para los animales de pienso y sólo en el día 0 de exposición (7 de maduración) para los animales de silo. También hubo una interacción significativa entre músculo y alimentación sobre la dureza ($P<0.05$), teniendo una mayor dureza la carne del músculo ST para los animales de silo, mientras la dureza fue similar en ambos músculos en los animales de pienso.

En la comparación de los parámetros de textura de la carne cocinada entre los tres músculos, de los animales de silo o pienso y envasados solo al vacío durante 0 ó 14 días (Tabla 22) se encontró un efecto significativo de músculo y una tendencia en la interacción entre músculo y maduración. El PP tuvo mayor fuerza máxima seguida por LD y el ST tuvo el menor valor. En cuanto a la evolución de la dureza durante el tiempo de envasado no siguió el mismo patrón en los tres músculos, el LD fue tan duro como el PP a 7 días y tan tierno como el ST a 14 días. La dureza estuvo afectada por el tipo de músculo. La dureza de los músculos LD y ST fue similar e inferior en comparación al PP.

Efecto de la alimentación

La mayoría de los trabajos que han evaluado la textura en el músculo LD revelaron una ausencia de diferencia en la fuerza de corte entre la carne de los animales de silo de hierba y concentrado ofrecido como acabado antes del sacrificio (Moloney *et al.*, 2013), o entre carne de silo de maíz al 80% y concentrado (Casasús *et al.*, 2011). Otros autores encontraron que la carne de los animales alimentados con concentrado era más tierna en comparación de los de hierba (Nuernberg *et al.*, 2005), o un aumento de nivel de concentrado en silo aumentaba la terneza (Silveira *et al.*, 2009). La mejora en la terneza en estos animales podría ser debida al alto contenido en grasa intramuscular que disminuye la resistencia al corte, la menor edad al sacrificio o a la grasa de cobertura que protegería la canal de un enfriamiento rápido y por lo tanto una temperatura más alta asociada al pH bajo activando los enzimas proteolíticos (Coulon y Priolo, 2002). Por el contrario, en este estudio la carne más tierna en promedio era de los animales de silo de maíz. Similar resultado se indica en el trabajo de Realini *et al.* (2004) cuando compararon la terneza de animales de pasto y de concentrado. Si bien la mayor terneza

de carne de LD de silo de maíz en este ensayo no está asociada a la ganancia media diaria ni al engrasamiento o a la grasa intramuscular que pudieran afectar a la terneza. La única diferencia entre los dos lotes, además de la alimentación, es la edad de sacrificio pero según Oury *et al.* (2007) la edad de sacrificio no afecta a la terneza de carne. Para Vestergaard *et al.* (2000) el sistema extensivo aumenta las fibras de tipo lento oxidativo y disminuye las fibras rápidas glucolíticas, aspecto que también afectaría a la terneza.

Otros estudios comentan que la dureza es similar en la carne de animales de forraje o concentrado si los animales se sacrifican al mismo tiempo de tiempo de sacrificio (Duckett *et al.*, 2014) o con el mismo engrasamiento (Muir *et al.*, 1998).

Efecto de la maduración y tipo de envase

La disminución de la compresión al 20% con el tiempo de maduración en la carne de los animales de pienso coincide con el trabajo de Sañudo *et al.* (2004); tras 14 días de maduración se estabiliza, y este parámetro está relacionado con la resistencia de las miofibrillas (Lepetit y Culioli, 1994), por lo tanto su disminución en el tiempo refleja el fenómeno de tenderización por acción enzimática. En cuanto a la estabilidad de C20 en la carne de animales de silo se podría explicar por tener a día 0 valores inferiores. La compresión al 80% tuvo tendencia a aumentar con el tiempo de maduración, un resultado menos esperado porque según Campo *et al.* (2000) la maduración no es un factor que afecte de manera tan importante al colágeno dentro de un rango similar de edad, y la compresión al 80% mide fundamentalmente la implicación del tejido conectivo en la dureza.

En la carne envasada en MAP aumentó la fuerza máxima y la dureza del músculo ST, coincidiendo con los trabajos de Lagerstedt *et al.* (2011) y Geesink *et al.* (2015). Podría explicarse este efecto en envase de alto oxígeno con la disminución de la actividad de μ calpaína y consecuentemente una disminución de la proteólisis de las miofibrillas Rowe *et al.* (2004) y se sugiere que el alto contenido en O₂ conduce a una reticulación oxidativa de proteína (Bao *et al.*, 2015; Geesink *et al.*, 2015).

Efecto del músculo

Nuestros resultados relacionados con la diferencia entre la terneza del músculo LD y ST no fueron concordantes con los trabajos de Torrescano *et al.* (2003) o Stolarski *et al.* (2006) que encontraron la terneza de la carne de LD mayor que la del ST .

7. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

En la carne del músculo LD, la alimentación no afectó a las pérdidas por exposición pero si a las debidas a la descongelación (Tabla 15). El tipo de envase y el tiempo de envasado afectaron a las pérdidas por exposición: la carne envasada en atmósfera modificada y la carne de 7 días de exposición perdió menos que la carne envasada al vacío y la carne de 14 días de exposición, respectivamente. Hubo un efecto significativo de interacción entre tipo de dieta y tiempo de maduración sobre las pérdidas de agua por descongelación ($P<0.01$), las pérdidas a 0 días fueron mayores en los animales de silo que de pienso pero a los 7 y 14 días en ambas dietas fueron similares. El efecto del tipo de envase fue significativo ($P<0.05$) ya que la carne envasada en atmósfera tuvo una mayor pérdida que la carne envasada al vacío. En cuanto a las pérdidas por cocción, al contrario que las pérdidas por descongelación, la carne envasada al vacío perdió más que la carne envasada en atmósfera modificada ($P<0.5$). Las pérdidas fueron similares para las tres maduraciones con una tendencia ($P<0.1$) de una mayor pérdida en promedio en la carne de los animales de silo en comparación con la de pienso.

En el ST, el tipo de alimentación no afectó las pérdidas de agua durante la exposición, la descongelación y cocción. Pero hubo un efecto significativo de interacción entre la alimentación y tiempo de envasado ($P<0.01$) sobre las pérdidas por cocción. El tiempo y el tipo de envase afectaron significativamente a las pérdidas por exposición $P<0.001$, la carne envasada en vacío y la carne de 14 días perdieron más agua en valores medios (6,71% y 7,1%) durante la exposición frente a la carne envasada en atmósfera modificada y la carne de 0 días (5,86% y 5,48% respectivamente). La pérdidas por descongelación al contrario de las de exposición fueron mayores significativamente en la carne envasada en atmósfera modificada que en la carne envasada al vacío y las pérdidas de 7 y 14 días fueron similares y superiores a las pérdidas de la carne de 0 días. Las pérdidas de agua por exposición, descongelación y cocción del músculo PP no se vieron afectadas por el tipo de alimentación que reciben los animales durante el periodo de cebo ni por el tiempo de envasado (Tabla 19).

En la comparación de la CRA durante la descongelación y la cocción entre los tres músculos, la alimentación no afectó. Las pérdidas por descongelación disminuyeron

con la progresión en el tiempo de envasado (4,99% vs 3,85%) entre el día 0 y 14, y fueron mayores en PP que en LD (4,93% vs 3,82%). Las pérdidas por cocción estuvieron afectadas exclusivamente por el tipo de músculo, el PP fue el que tuvo más pérdidas y el ST el que presentó menos.

Efecto de alimentación

En el LD, las pérdidas por descongelación fueron mayores a 7 días de maduración (día 0 de exposición) en silo que en pienso. Por el contrario, Vaz y Restle (2005) encontraron una menor pérdida en animales alimentados con silo de maíz en comparación con animales alimentados con una ración compuesta por un 67% de caña de azúcar y 33% de concentrado. Según Brondani *et al.* (2006), los terneros de las razas Aberdeen Angus y Hereford que recibieron una dieta con alta energía perdieron menos agua en la descongelación. La utilización de silo de hierba, hierba o pasto con una suplementación de concentrado no afecta a las pérdidas de agua por cocción en comparación con concentrado (French *et al.*, 2000b; Muramoto *et al.*, 2005; Campo *et al.*, 2008). Tampoco hubo diferencias en las pérdidas entre los bueyes de 30 meses de edad que pastan o que reciben una mezcla de silo de maíz y concentrado (Varela *et al.*, 2004), ni en novillas Charolais cruzadas alimentadas con silo de maíz o silo de hierba (Moloney *et al.*, 2013b). Moloney *et al.*, (2008 b) encontraron que el concentrado aumentaba las pérdidas por cocción después de 2, 7 y 14 días de maduración.

Efecto de maduración y tipo de envase

El aumento de las pérdidas de agua por exposición en la carne (LD y ST) con el transcurso del tiempo puede ser consecuencia de la proteólisis que tiene lugar durante la tenderización (Hughes *et al.*, 2014b), que disminuye la fuerza de retención de agua por las proteínas estructurales. Las pérdidas por exposición fueron mayores en la carne expuesta en vacío que MAP y eso podría deberse a la presión negativa que recibe el músculo durante el vacío, que podría facilitar la pérdida de parte del exudado.

La menor pérdida por descongelación en la carne más expuesta podría ser debido a que una parte de agua se perdió durante la exposición.

Tabla 15. Principales efectos significativos sobre los parámetros de color, textura y CRA del músculo LD.

| | A | T | E | A * T | A * E | T * E | A * T * E |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Color | | | | | | | |
| L* | 0,013 | 0,000 | 0,000 | 0,504 | 0,352 | 0,000 | 0,697 |
| a* | 0,000 | 0,000 | 0,211 | 0,627 | 0,391 | 0,000 | 0,592 |
| b* | 0,225 | 0,000 | 0,000 | 0,798 | 0,385 | 0,000 | 0,521 |
| DEC | 0,621 | 0,000 | 0,000 | 0,869 | 0,924 | 0,000 | 0,662 |
| Chroma | 0,080 | 0,000 | 0,000 | 0,862 | 0,165 | 0,000 | 0,453 |
| Tono | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,273 | 0,832 | 0,000 | 0,928 |
| Textura | | | | | | | |
| C20% | 0,090 | 0,000 | 0,066 | 0,004 | 0,527 | 0,356 | 0,902 |
| C80% | 0,006 | 0,096 | 0,170 | 0,405 | 0,364 | 0,533 | 0,813 |
| Fuerza máxima | 0,000 | 0,000 | 0,409 | 0,865 | 0,399 | 0,791 | 0,821 |
| Dureza | 0,003 | 0,893 | 0,131 | 0,260 | 0,780 | 0,530 | 0,745 |
| CRA | | | | | | | |
| Exposición | 0,179 | 0,032 | 0,001 | 0,925 | 0,839 | 0,962 | 0,062 |
| Descongelación | 0,000 | 0,006 | 0,011 | 0,006 | 0,157 | 0,188 | 0,489 |
| Cocción | 0,067 | 0,130 | 0,034 | 0,301 | 0,937 | 0,098 | 0,993 |

LD: *Longissimus dorsi*, L*: Luminosidad, a*: Índice de rojo, b*: Índice de amarillo, DEC: R630-R580: Decoloración, CRA: Capacidad de retención de agua, C20: Compresión a 20%, C80%: Compresión a 80%, A: Alimentación, T: Tiempo de exposición, E: Envasado, *: Interacción.

Tabla 16. Parámetros de color, textura y CRA en músculo LD de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado en MAP o en vacío durante 0, 7 y 14 días tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| | Pienso | | | | | Silo | | | | | RMSE |
|-------------------------------------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|--------|---------|-------|
| | 0 | 7 | 14 | | 0 | 7 | 14 | | | | |
| | MAP | Vacío | MAP | Vacío | Vacío | MAP | Vacío | MAP | Vacío | | |
| Color | | | | | | | | | | | |
| L* | 34,17e | 36,93bcd | 33,95e | 40,73a | 35,77cde | 34,72e | 37,4bc | 34,99de | 41,54a | 38,15ab | 2,31 |
| a* | 10,5b | 14,79a | 10,43b | 6,06d | 10,09bc | 9,43bc | 14,75a | 9,1bc | 4,79d | 8,67c | 1,68 |
| b* | 9,84c | 13,94a | 10,65c | 12,09b | 10,13c | 9,98c | 14,64a | 10,28c | 12,58b | 10,56c | 1,28 |
| DEC | 13,6a | 13,81a | 13,77a | 2,39b | 14,28a | 13,6a | 14,74a | 13,77a | 2,12b | 14,74a | 2,25 |
| Chroma | 14,42b | 20,34a | 14,94b | 13,76 b | 14,35b | 13,74b | 20,79a | 13,75b | 13,70b | 13,67b | 1,61 |
| Tono | 43,17e | 43,23e | 45,66de | 64,09b | 45,08de | 46,61cde | 44,72de | 48,49cd | 69,86a | 50,64c | 5,36 |
| Textura | | | | | | | | | | | |
| C20% (N/cm ²) | 9,26a | 6,42b | 5,15b | 6,62b | 4,82b | 6,67b | 6,68b | 6,27b | 6,06b | 4,97b | 2,47 |
| C80% (N/cm ²) | 42,34 | 44,98 | 40,06 | 47,97 | 40,40 | 44,23 | 47,95 | 47,83 | 53,28 | 50,83 | 10,92 |
| Fuerza máxima (kg/cm ²) | 5,39 | 4,87 | 4,43 | 4,67 | 4,15 | 4,83 | 3,76 | 3,90 | 3,78 | 3,66 | 1,15 |
| Dureza (kg/cm ²) | 1,86 | 1,99 | 1,86 | 1,92 a | 1,73 | 1,74 | 1,70 | 1,52 | 1,75 | 1,71 | 0,35 |
| CRA (%) | | | | | | | | | | | |
| Exposición | - | 2,89c | 4,56ab | 4,17bc | 4,67ab | - | 3,97bc | 4,37ab | 4,04bc | 5,56a | 1,49 |
| Descongelación | 3,45bcd | 3,57bcd | 3,01c | 3,72bcd | 3,44bcd | 5,44a | 4,39abc | 3,18bc | 4,65ab | 2,96c | 1,44 |
| Cocción | 24,79ab | 22,25b | 23,15ab | 23,53ab | 26,9a | 26,34a | 24,68ab | 25,57ab | 23,2ab | 26,91a | 4,14 |

Tabla 17. Principales efectos significativos sobre los parámetros de color, textura y CRA del músculo ST.

| | A | T | E | A * T | A * E | T * E | A * T * E |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Color | | | | | | | |
| L* | 0,011 | 0,000 | 0,000 | 0,457 | 0,218 | 0,000 | 0,666 |
| a* | 0,188 | 0,000 | 0,000 | 0,775 | 0,039 | 0,000 | 0,341 |
| b* | 0,827 | 0,000 | 0,000 | 0,143 | 0,458 | 0,000 | 0,554 |
| DEC | 0,067 | 0,000 | 0,000 | 0,702 | 0,108 | 0,000 | 0,520 |
| Chroma | 0,211 | 0,000 | 0,000 | 0,233 | 0,082 | 0,000 | 0,384 |
| Tono | 0,154 | 0,000 | 0,000 | 0,984 | 0,088 | 0,000 | 0,464 |
| Textura | | | | | | | |
| Fuerza máxima | 0,107 | 0,489 | 0,059 | 0,708 | 0,169 | 0,183 | 0,354 |
| Dureza | 0,877 | 0,615 | 0,050 | 0,966 | 0,230 | 0,190 | 0,597 |
| CRA | | | | | | | |
| Exposición | 0,470 | 0,000 | 0,016 | 0,589 | 0,508 | 0,646 | 0,373 |
| Descongelación | 0,523 | 0,000 | 0,008 | 0,147 | 0,684 | 0,055 | 0,937 |
| Cocción | 0,410 | 0,087 | 0,326 | 0,009 | 0,363 | 0,774 | 0,805 |

ST: *Semitendinoso*, L*: Luminosidad, a*: Índice de rojo, b*: Índice de amarillo, DEC: R630-R580: Decoloración, CRA: Capacidad de retención de agua, A: Alimentación, T: Tiempo de exposición, E: Envasado, *: Interacción.

Tabla 18. Parámetros de color, textura y CRA en músculo ST de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado en MAP o en vacío durante 0, 7 y 14 días, tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| | Pienso | | | | | Silo | | | | | RMSE |
|-------------------------------------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|------|
| | 0 | 7 | 14 | 0 | 7 | 14 | | | | | |
| | - | MAP | Vacío | MAP | Vacío | - | MAP | Vacío | MAP | Vacío | |
| Color | | | | | | | | | | | |
| L* | 37,59e | 42,92bc | 39,03de | 48,04a | 40,99cd | 38,72e | 44,00b | 41,46c | 47,57a | 42,35bc | 2,57 |
| a* | 10,52ab | 10,45ab | 10,52ab | 3,77d | 10,31abc | 10,3abc | 11,23a | 9bc | 4,02d | 8,41c | 2,14 |
| b* | 12,24d | 16,43ab | 13,75c | 16,46ab | 13,59c | 12,61cd | 17,18a | 13,39cd | 15,72b | 12,87cd | 1,46 |
| DEC | 15,77 a | 9,58c | 17 a | 0,45d | 17,51 a | 16,82 a | 12,57b | 17,17a | 2,16d | 16,67 a | 3,32 |
| Chroma | 16,20bc | 19,83 a | 17,34b | 16,90bc | 17,09bc | 16,31bc | 20,72 a | 16,15bc | 16,36bc | 15,42 c | 1,83 |
| Tono | 49,31e | 58,38b | 52,73cde | 77,03a | 52,92cde | 50,95de | 57,40bc | 56,15bcd | 75,55a | 57,08bc | 5,84 |
| Textura | | | | | | | | | | | |
| Fuerza máxima (kg/cm ²) | 4,13 | 4,29 | 3,76 | 4,17 | 3,59 | 3,90 | 3,65 | 3,88 | 4,04 | 3,63 | 0,67 |
| Dureza (kg/cm ²) | 1,99 | 2,17 | 1,92 | 2,19 | 1,84 | 1,98 | 2,05 | 2,11 | 2,13 | 1,92 | 0,38 |
| CRA (%) | | | | | | | | | | | |
| Exposición | - | 5,05 c | 5,98bc | 6,68 ab | 7,92 ab | - | 4,91c | 6bc | 6,79ab | 6,93a | 1,71 |
| Descongelación | 4,84ab | 4,97ab | 3,51c | 4,43abc | 3,7bc | 5,64a | 4,62abc | 3,32c | 4,15bc | 3,83bc | 1,41 |
| Cocción | 31,36a | 28,25b | 29,52ab | 28,7b | 30ab | 29,02ab | 29,16ab | 29,04ab | 30,23ab | 30,45ab | 2,72 |

ST: *Semitendinoso*, L*: Luminosidad, a*: Índice de rojo, b*: Índice de amarillo, DEC: R630-R580: Decoloración, CRA: Capacidad de retención de agua, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza.

Tabla 19. Principales efectos significativos sobre los parámetros de la textura y CRA del músculo PP.

| | Alimento | Tiempo | Alimento * Tiempo |
|-------------------------------------|----------|--------|-------------------|
| Textura | | | |
| Fuerza máxima (kg/cm ²) | 0,127 | 0,431 | 0,890 |
| Dureza (kg/cm ²) | 0,236 | 0,263 | 0,790 |
| CRA | | | |
| Exposición | 0,832 | - | - |
| Descongelación | 0,856 | 0,277 | 0,404 |
| cocción | 0,618 | 0,947 | 0,150 |

Tabla 20. Parámetros de textura y CRA en el músculo PP de animales alimentados con pienso o silo envasados en vacío durante el periodo de exposición (0 y 14 días) tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| | Pienso | | Silo | | RMSE |
|-------------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|
| | 0 | 14 | 0 | 14 | |
| Textura | | | | | |
| Fuerza máxima (kg/cm ²) | 5,67 | 5,34 | 5,07 | 4,84 | 1,16 |
| Dureza (kg/cm ²) | 2,77 | 2,53 | 2,52 | 2,37 | 0,57 |
| CRA (%) | | | | | |
| Exposición | - | 2,96 | - | 3,06 | 1,01 |
| Descongelación | 5,63 | 4,36 | 4,96 | 4,79 | 1,84 |
| Cocción | 21,72 | 21,36 | 20,49 | 22,30 | 3,31 |

Tabla 21. Principales efectos significativos sobre los parámetros de textura de los músculos LD y ST.

| | A | M | T | A * M | A * T | M * T | A * M * T |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Fuerza máxima | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,022 | 0,801 | 0,002 | 0,838 |
| Dureza | 0,054 | 0,000 | 0,914 | 0,032 | 0,641 | 0,587 | 0,434 |

LD: *Longissimus dorsi*, ST: *Semitendinoso*, A: Alimentación, M: Músculo T: Tiempo de exposición, * Interacción.

Tabla 22. Parámetros de textura en los músculos LD y ST de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado durante 0, 7 y 14 días, tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| | Pienso | | | | | | Silo | | | | | | RMSE |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|------|
| | LD | | | ST | | | LD | | | ST | | | |
| | 0 | 7 | 14 | 0 | 7 | 14 | 0 | 7 | 14 | 0 | 7 | 14 | |
| Fuerza máxima (kg/cm²) | 5,39a | 4,65cb | 4,41dcb | 4,13edc | 4,02ed | 3,88ed | 4,83b | 3,83ed | 3,72e | 3,90ed | 3,76e | 3,83ed | 0,94 |
| Dureza (kg/cm²) | 1,86abc | 1,92abc | 1,82cbd | 1,99ab | 2,05ab | 2,02ab | 1,74cd | 1,61d | 1,73cd | 1,98ab | 2,08a | 2,02ab | 0,37 |

LD: *Longissimus dorsi*, ST: *Semitendinoso*, PP: *Pectoralis profundus*, CRA: Capacidad de retención de agua, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza.

Tabla 23. Principales efectos significativos sobre los parámetros de textura de los tres músculos.

| | A | M | T | A * M | A * T | M * T | A * M * T |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Textura | | | | | | | |
| Fuerza máxima | 0,021 | 0,000 | 0,000 | 0,467 | 0,658 | 0,054 | 0,965 |
| Dureza | 0,261 | 0,000 | 0,080 | 0,397 | 0,511 | 0,789 | 0,998 |
| CRA | | | | | | | |
| Descongelación | 0,210 | 0,009 | 0,000 | 0,495 | 0,245 | 0,590 | 0,053 |
| Cocción | 0,854 | 0,000 | 0,200 | 0,425 | 0,296 | 0,612 | 0,210 |

A: Alimentación, M: Músculo, T: Tiempo de exposición, *: Interacción.

Tabla 24. Parámetros de textura en los músculos LD, ST y PP de animales alimentados con pienso o silo a lo largo del envasado durante 0 y 14 días, tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| | Pienso | | | | | | Silo | | | | | | RMSE |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|------|
| | LD | | ST | | FA | | LD | | ST | | FA | | |
| | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 14 | |
| Textura | | | | | | | | | | | | | |
| Fuerza máxima (kg/cm ²) | 5,39a | 4,15bc | 4,13bc | 3,59c | 5,67a | 5,34a | 4,83ab | 3,66c | 3,90c | 3,63c | 5,07a | 4,84ab | 0,99 |
| Dureza (kg/cm ²) | 1,86 | 1,73 | 1,99 | 1,84 | 2,77 | 2,53 | 1,74 | 1,71 | 1,98 | 1,92 | 2,52 | 2,37 | 0,43 |
| CRA (%) | | | | | | | | | | | | | |
| Descongelación | 3,45bc | 3,44bc | 4,84ab | 3,7bc | 5,63a | 4,36abc | 5,44a | 2,96c | 5,64a | 3,83bc | 4,96ab | 4,79ab | 1,61 |
| Cocción | 24,79 | 26,90 | 31,36 | 30,00 | 21,72 | 21,36 | 26,34 | 26,91 | 29,02 | 30,45 | 20,49 | 22,30 | 1,26 |

LD: *Longissimus dorsi*, ST: *Semitendinoso*, PP: *Pectoralis profundus*, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza.

8. APRECIACIÓN VISUAL

La Tabla 25 presenta las significaciones de los efectos del tiempo de exposición, alimentación y tipo de envase sobre la evaluación visual de la carne de los tres músculos. El tiempo de exposición tuvo un efecto muy significativo, al igual que su interacción con la alimentación, el envase y ambos dos al mismo tiempo, excepto en el músculo ST. Por lo tanto, para estudiar el efecto de alimentación y el tipo de envase, se analizó la diferencia de la apreciación visual de los tres músculos entre las cuatro combinaciones en cada día y la evolución de cada combinación en el tiempo (Tablas 26, 27 y 28).

Para el músculo LD a lo largo del tiempo de exposición, la carne de los animales de silo tuvo significativamente mayor nota de apreciación visual que los animales de pienso excepto en la carne expuesta en MAP del día 3 cuando no hubo diferencia y los días 6 y 11 donde la carne de pienso se apreció como la mejor. En los seis primeros días no hubo una diferencia significativa entre el tipo de envase en ambas alimentaciones, excepto en los días 3 y 6 de los animales de silo donde la carne envasada en film fue mejor que la de MAP, y desde el séptimo día la carne expuesta en MAP de ambas alimentaciones, que tuvieron un aspecto visual significativamente mejor que la carne expuesta en film. Esta diferencia positiva a favor de la exposición en MAP se explica por dos razones, la mayor cantidad de oxígeno en MAP que en la atmósfera normal que afecta a la carne en film (70 vs 21 %), y al efecto bacteriostático del CO₂ presente en MAP, que evita el desarrollo bacteriano y la visión de la carne deteriorada por las mismas durante más tiempo, por lo tanto, con mejor apreciación visual de la carne.

Para el músculo ST en los primeros cuatro días no hubo una diferencia significativa debida a la alimentación. A partir del quinto día la carne de los animales de silo tuvo una mejor aceptabilidad en valores medios menos los días 5 y 9 en que hubo una interacción significativa entre la alimentación y el envase, por lo tanto la mayor aceptación de la carne de silo se nota solo en la carne expuesta en MAP. Hubo una diferencia significativa entre el tipo de envase a lo largo de todo el tiempo de exposición, con una mayor aceptación de la carne expuesta en MAP.

Por último, en la carne del músculo PP hubo una interacción significativa entre alimentación y envase en todos los días menos el primer y el sexto día, teniendo una

mejor apreciación de carne de silo en los días 2, 3, 4, 5 y 8 de la carne expuesta en film. Los días 5 y 7 tuvieron mejor nota la carne expuesta en MAP. La ausencia de efecto de la alimentación se notó en el día 1, en el día 7 en la carne expuesta en film y en los días 2, 3, 4 y 8 en la carne expuesta en MAP. A lo largo de todo el tiempo la carne expuesta en MAP tuvo el mejor aspecto visual que la carne expuesta en film menos en los días 2 y 3 en que no se notó una diferencia apreciable.

Hubo un descenso progresivo significativo a lo largo del tiempo del aspecto visual para las cuatro combinaciones de los tres músculos y si se considera un límite o un umbral de aceptación una nota de 5, la carne de los animales de silo expuesta en MAP del LD permite la prolongación de la vida útil por un día en comparación las otras combinaciones. También la carne expuesta en MAP de los músculos ST y PP en comparación con la carne expuesta en film permite alargar su vida útil por un día. En la comparación entre los tres músculos desde este límite de aceptación, el LD llega hasta el día 6 y 7, el ST hasta el día 4 y 5 y el PP hasta el día 5 y 6.

Tabla 25. Nivel de significación de los efectos de alimentación (pienso *vs* silo), tipo de envase (MAP *vs* film) y día de exposición (8 días) sobre la apreciación visual por los consumidores.

| | A | E | T | A * E | A * T | E * T | A * E * T |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| LD | 0,000 | 0,079 | 0,000 | 0,016 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| ST | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,099 | 0,618 | 0,000 | 0,319 |
| PP | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,069 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

A: Alimentación, E: Envasado; T: Tiempo de Exposición, *: Interacción.

Tabla 26. Nivel de significación y notas de la evaluación visual por los consumidores de la carne de LD expuesta en MAP o film de los animales alimentados con pienso o silo tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| Tiempo (día) | Pienso | | Silo | | RMSE | A | E | A * E |
|-----------------|--------|---------|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| | film | MAP | film | MAP | | | | |
| 1 | 7,02a | 7,27a | 7,25a | 7,55a | 0,56 | 0,005 | 0,127 | 0,636 |
| 2 | 7,12a | 6,94b | 7,39a | 7,20b | 1,11 | 0,006 | 0,458 | 0,947 |
| 3 | 6,47bX | 6,62cYX | 6,97bZ | 6,74cY | 0,80 | 0,007 | 0,895 | 0,006 |
| 4 | 6,11c | 6,68c | 6,57c | 7,02b | 0,65 | 0,002 | 0,088 | 0,207 |
| 5 | 5,52d | 5,91d | 5,93d | 6,32d | 0,67 | 0,000 | 0,151 | 1,000 |
| 6 | 5,26eX | 6,11dZ | 6,07dZ | 5,82eY | 1,28 | 0,003 | 0,283 | 0,000 |
| 7 | 3,78f | 4,69e | 4,32e | 5,48f | 1,04 | 0,000 | 0,000 | 0,146 |
| 8 | 3,06g | 3,87f | 3,51f | 4,49g | 0,91 | 0,001 | 0,000 | 0,213 |
| 9 | 2,24h | 3,24g | 2,67g | 3,78h | 0,62 | 0,000 | 0,000 | 0,273 |
| 10 | 1,66i | 3,04g | 1,96h | 3,27i | 0,65 | 0,000 | 0,000 | 0,433 |
| 11 | 1,24jX | 2,57hZ | 1,27iX | 2,81jY | 0,49 | 0,003 | 0,000 | 0,008 |
| 12 | | 2,37h | | 2,48k | | | | |
| RMSE | 2,61 | 2,85 | 2,39 | 2,95 | | | | |
| T | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | | |

LD: *Longissimus dorsi*, A: Alimentación, E: Envasado; T: Tiempo de exposición, *: Interacción, Z.Y.X: Diferencias significativas entre los tratamientos dentro del día, a.b.c.d.e.f.g.h.i.j: Diferencias significativas dentro el tiempo, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza, Escala: 1, poco aceptado - 9, muy aceptado

Los gráficos de las figuras 5, 6 y 7 presentan la evolución de porcentaje de consumidores que comprarían la carne basándose en el aspecto visual del filete de los tres músculos.

Con los filetes de LD el porcentaje de consumidores que compran la carne subsiste alrededor del 80% en el día 6 para la carne de los animales de silo de ambos tipo de envase y de la carne de los animales de pienso expuesta solo en MAP, mientras que la carne expuesta en film a partir del tercer día el porcentaje de consumidores disminuye llegando al 50% en el día 6. En la carne expuesta en film, se nota un aumento de la diferencia de porcentaje de compra entre la carne de los animales de silo y de pienso del 10% en el día 3 al 30% en el día 6 desapareciendo esta diferencia en el día 7

como consecuencia de la fuerte caída del porcentaje de consumidores que compran la carne de animales de silo. En la carne expuesta en MAP, esta diferencia entre la carne de animales de silo y pienso se nota solo en el día 7 con un 15 % de compra más para la carne de silo y en el día 8 con un porcentaje de compra alrededor del 50% para la carne de ambas dietas disminuyendo en los días siguientes.

Tabla 27. Nivel de significación y notas de la evaluación visual por los consumidores de la carne de ST expuesta en MAP o film de los animales alimentados con pienso o silo tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| Tiempo (día) | Pienso | | Silo | | RMSE | A | E | A * E |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| | film | MAP | film | MAP | | | | |
| 1 | 7,54a | 7,81a | 7,65a | 7,82a | 0,72 | 0,249 | 0,042 | 0,423 |
| 2 | 7,31bY | 7,77aZ | 7,43bY | 7,70aZ | 0,64 | 0,641 | 0,178 | 0,055 |
| 3 | 6,50c | 7,08b | 6,59c | 7,29b | 0,98 | 0,116 | 0,039 | 0,460 |
| 4 | 5,37d | 6,91b | 5,60d | 6,72c | 2,65 | 0,914 | 0,001 | 0,304 |
| 5 | 4,47eX | 5,56cY | 4,55eX | 5,88dZ | 0,54 | 0,004 | 0,000 | 0,011 |
| 6 | 3,38f | 4,77d | 3,71f | 4,90e | 1,21 | 0,003 | 0,000 | 0,288 |
| 7 | 2,52g | 3,87e | 2,69g | 3,94f | 0,72 | 0,054 | 0,000 | 0,369 |
| 8 | 1,71h | 3,21f | 1,93h | 3,37g | 0,65 | 0,003 | 0,000 | 0,539 |
| 9 | 1,28iX | 2,66gY | 1,32iX | 2,89hZ | 0,36 | 0,001 | 0,000 | 0,003 |
| 10 | | 2,42g | | 2,51i | | | | |
| 11 | | 1,90h | | 2,17j | | | | |
| RMSE | 2,69 | 3,36 | 2,57 | 3,00 | | | | |
| T | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | | |

ST: *Semitendinoso*, A: Alimentación, E: Envasado; T: Tiempo de exposición, *: Interacción, Z.Y.X: Diferencias significativas entre los tratamiento dentro del día, a.b.c.d.e.f.g.h.i.j: Diferencias significativas dentro el tiempo, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza, Escala: 1, poco aceptado-9, muy aceptado.

El porcentaje de consumidores que comprarían la carne es mayor en la expuesta en MAP que la expuesta en film y eso se notó progresivamente a partir del día 3 con una diferencia del 15% hasta el día 6, 7 y 8 con una diferencia de más del 30% para la carne de los animales de pienso, y con una diferencia del 40% en los días 7 y 8 para la carne de los animales de silo.

En los filetes de los músculos ST y PP la evolución del porcentaje de consumidores que compran la carne en el tiempo sigue un patrón similar, teniendo la carne expuesta en MAP un mayor porcentaje de compra que la carne expuesta en film desde el tercer día en ambos tipos de dietas. Un porcentaje de alrededor del 20% superior en la carne de silo que la carne de pienso en el día 4 en la carne expuesta en film y en el día 5 con un porcentaje aproximado del 20% superior en ambos músculos

Tabla 28. Nivel de significación y notas de la evaluación visual por los consumidores de la carne de PP en MAP o film de los animales alimentados con pienso o silo tras 7 días previos de maduración en pieza a vacío.

| Tiempo (día) | Pienso | | Silo | | RMSE | A | E | A * E |
|-----------------|--------|---------|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| | film | MAP | film | MAP | | | | |
| 1 | 7,92a | 7,07b | 7,96a | 7,24b | 0,60 | 0,088 | 0,018 | 0,145 |
| 2 | 7,27bY | 7,56aZ | 7,68bZ | 7,65aZ | 0,65 | 0,008 | 0,442 | 0,004 |
| 3 | 6,54cX | 7,09bYZ | 6,95cY | 7,18bZ | 0,90 | 0,001 | 0,084 | 0,052 |
| 4 | 5,43dX | 6,70cZ | 5,91dY | 6,86cZ | 0,66 | 0,000 | 0,000 | 0,007 |
| 5 | 4,61eW | 6,24dY | 5,27eX | 6,46dZ | 0,96 | 0,000 | 0,000 | 0,009 |
| 6 | 3,56f | 5,25e | 4,01f | 5,71e | 0,51 | 0,000 | 0,000 | 1,00 |
| 7 | 2,59gX | 4,57fY | 2,61gX | 4,92fZ | 0,59 | 0,000 | 0,000 | 0,002 |
| 8 | 1,88hY | 3,80gZ | 1,67hX | 3,90gZ | 0,66 | 0,442 | 0,000 | 0,008 |
| 9 | - | 3,54h | - | 3,38h | | | | |
| 10 | - | 3,02i | - | 2,97i | | | | |
| 11 | - | 2,21j | - | 2,39j | | | | |
| RMSE | 2,51 | 2,68 | 2,49 | 2,64 | | | | |
| T | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | | |

PP: *Pectoralis profundus*, A: Alimentación, E: Envasado; T: Tiempo de exposición, *: Interacción, Z.Y.X: Diferencias significativas entre los tratamiento dentro del día, a.b.c.d.e.f.g.h.i.j: Diferencias significativas dentro el tiempo, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza, Escala: 1, poco aceptado-9, muy aceptado

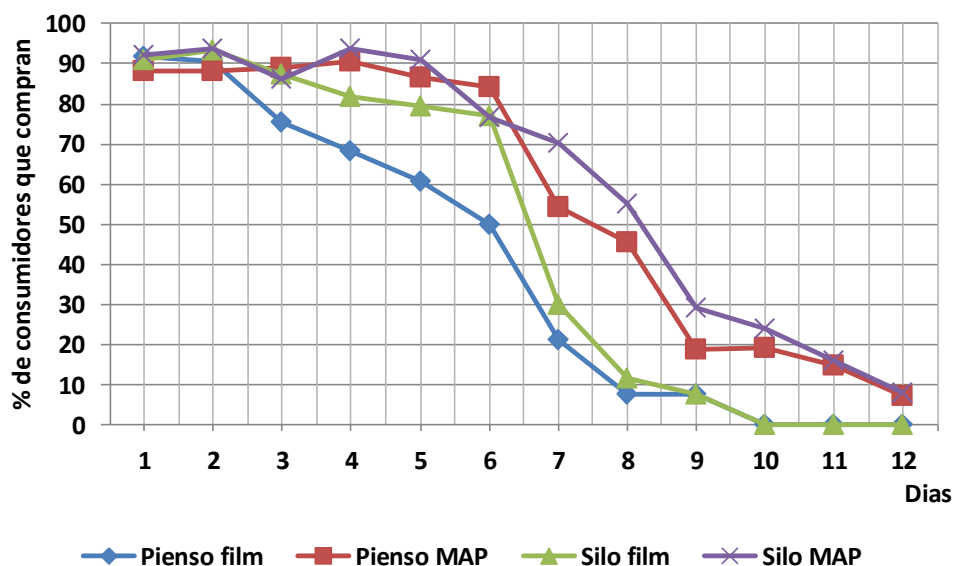


Figura 5. Porcentaje de consumidores que compran la carne de LD expuesta durante la maduración en film o MAP de los animales alimentados con pienso o silo.

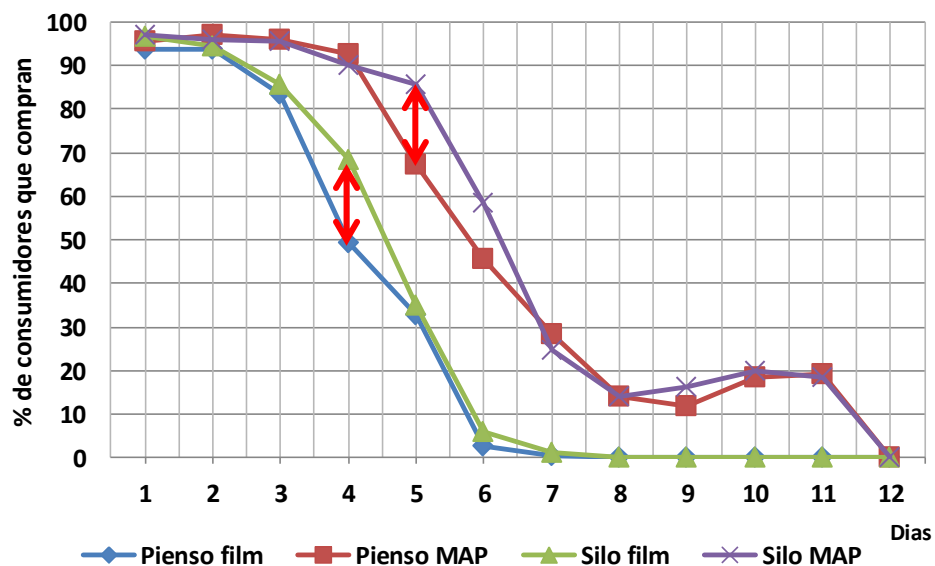


Figura 6. Porcentaje de consumidores que compran la carne de ST expuesta durante la maduración en film o MAP de los animales alimentados con pienso o silo.

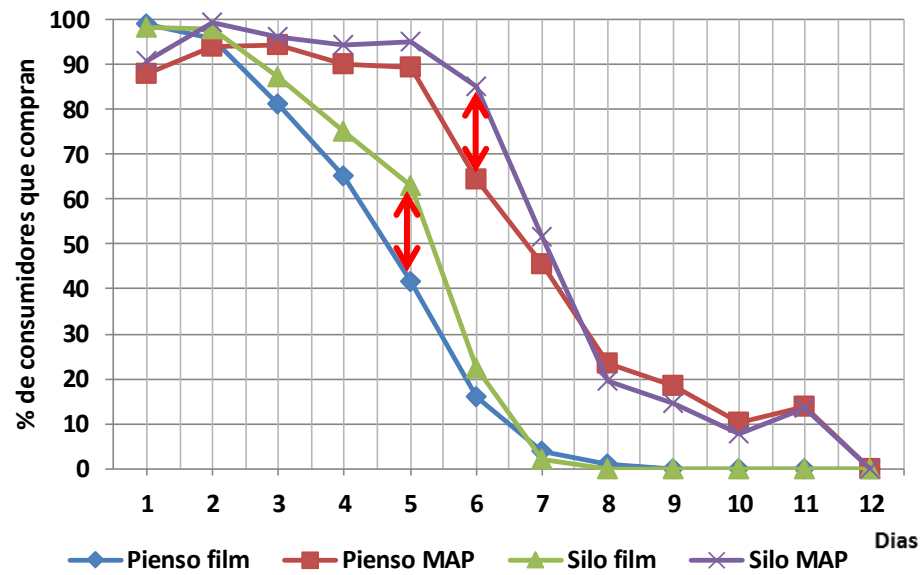


Figura 7. Porcentaje de consumidores que compran la carne de PP expuesta durante la maduración en film o MAP de los animales alimentados con pienso o silo.

9. ANÁLISIS DE CONSUMIDORES

En el análisis sensorial con un panel de consumidores, en el músculo LD (Tabla 29) la alimentación tuvo un efecto significativo sobre la calidad de la terneza y aceptabilidad general y no sobre la calidad del sabor, siendo la carne de los animales de silo valorada como de mejor terneza y mejor aceptabilidad. La carne expuesta durante 7 días en vacío tuvo la mejor terneza, mejor calidad de sabor y mayor aceptabilidad general que la carne expuesta en MAP. Sin embargo en el músculo ST (Tabla 30), la alimentación no afectó a la calidad sensorial de la carne pero el tipo de envase tuvo un efecto significativo, con una mejor aceptabilidad de la carne expuesta en vacío.

Tabla 29. Efecto (nivel de significación) de la dieta (pienso vs silo) y tipo de envase (MAP vs vacío) sobre la aceptabilidad general (ACCEPT), de la terneza y del sabor de la carne del LD.

| | Pienso | | Silo | | RMSE | A | E | A * E |
|---------|--------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | MAP | VACIO | MAP | VACIO | | | | |
| ACCEPT | 5,77 | 6,55 | 6,09 | 6,90 | 1,41 | 0,002 | 0,000 | 0,710 |
| TERNEZA | 5,29 | 6,43 | 6,00 | 6,87 | 1,62 | 0,000 | 0,000 | 0,332 |
| SABOR | 5,98 | 6,89 | 6,20 | 6,96 | 1,32 | 0,102 | 0,000 | 0,262 |

LD: *Longissimus dorsi*, A: Alimentación, E: Envasado, *: Interacción, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza, Escala: 1, poco aceptado – 9, muy aceptado.

Tabla 30. Efecto (nivel de significación) de la dieta (pienso vs silo) y tipo de envase (MAP vs vacío) sobre la aceptabilidad general (ACCEPT), de la terneza y del sabor de la carne del ST.

| | Pienso | | Silo | | RMSE | A | E | A * E |
|---------|--------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | MAP | VACIO | MAP | VACIO | | | | |
| ACCEPT | 4,94 | 6,24 | 5,00 | 6,08 | 1,54 | 0,741 | 0,000 | 0,440 |
| TERNEZA | 5,00 | 6,02 | 5,00 | 6,14 | 1,65 | 0,726 | 0,000 | 0,677 |
| SABOR | 4,86 | 6,35 | 5,12 | 5,97 | 1,64 | 0,660 | 0,000 | 0,034 |

ST: *Semitendinoso*, A: Alimentación, E: Envasado, *: Interacción, RMSE: Raíz cuadrada de la varianza, Escala: 1, poco aceptado – 9, muy aceptado.

Tabla 31. Efecto (nivel de significación) de la dieta (pienso vs silo) y tipo de envase (MAP vs vacío) sobre la aceptabilidad general (ACCEPT), de la terneza y del sabor de la carne del PP.

| | Pienso | | Silo | | RMSE | A | E | A * E |
|---------|--------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | MAP | VACIO | MAP | VACIO | | | | |
| ACCEPT | 5,55 | 6,67 | 4,67 | 6,71 | 1,52 | 0,012 | 0,000 | 0,001 |
| TERNEZA | 5,41 | 6,49 | 4,56 | 6,45 | 1,57 | 0,008 | 0,000 | 0,006 |
| SABOR | 5,73 | 6,85 | 4,73 | 6,90 | 1,51 | 0,003 | 0,000 | 0,000 |

PP: *Pectoralis profundus*, A: Alimentación, E: Envasado, *: Interacción.

10.RESULTADOS RELATIVOS A LA ENCUESTA REALIZADA

1.1. Descripción de la muestra

Esta muestra ha sido caracterizada a través de las principales variables sociodemográficas habituales. La muestra está bastante equilibrada en cuanto al género, siendo el 50,43% de la misma hombres. Por edades (Figura 8), se reparte de forma que el 56 % de los encuestados son personas con una edad comprendida entre 35 y 59 años, un 21% de 25 a 34 años, representando solo el 3% los mayores de 60 años. Con respecto a la composición de la familia, ésta ha sido analizada según el número de miembros que la componen, siendo un mayor porcentaje la familia compuesta por 3 ó 4 individuos (68,69%) seguido por la familia de 2 miembros (21,19%), correspondiendo la menor proporción a las familias de más de 4 personas (8,07%) y de solo una persona (6,42%).

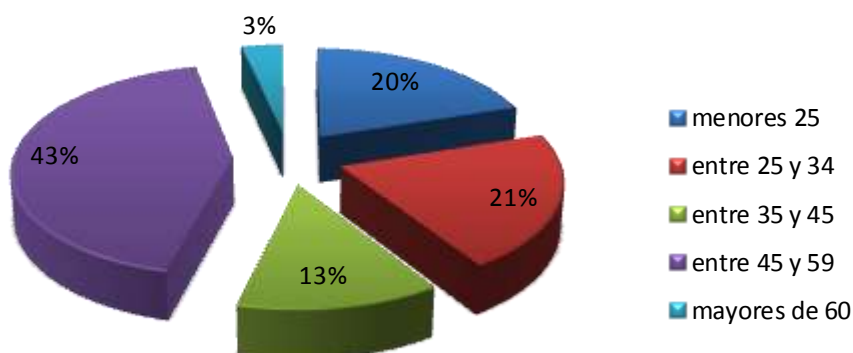


Figura 8. Distribución por edad de la muestra.

En cuanto al nivel de estudios, está representado en la Figura 9. Más del 70% de los encuestados tiene un nivel universitario mientras que los de nivel secundario son el 21% y los de nivel primario solo el 7%.

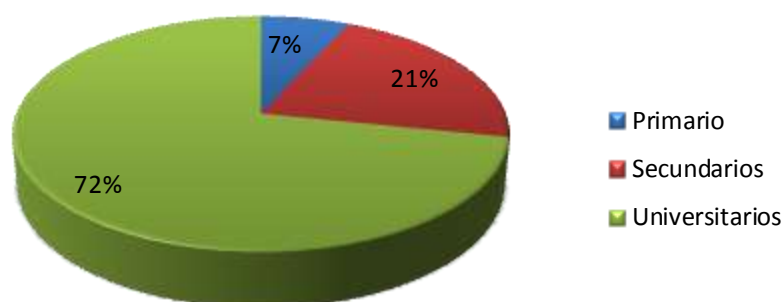


Figura 9. Nivel de estudios de la muestra.

Por último, según la renta mensual neta en el hogar (Figura 10), el porcentaje más alto corresponde a aquellos hogares que disponen de entre 1501 y 2100 € (30,89%), seguido de los que tienen entre 2101 y 3000 € (29,95) y más de 3000 € (26,30%). Los que disponen entre 900 y 1500 € son un 16,38% y el porcentaje más bajo correspondió a los de menos de 900 € (0,94%). En la muestra, la mayoría (67,10%) son empleados por cuenta ajena, el 25,36% estudiantes, un 4,49% empleado por cuenta propia y solo el 0,94% era ama de casa o 0,94% jubilado. El resto trabajan en otras actividades.

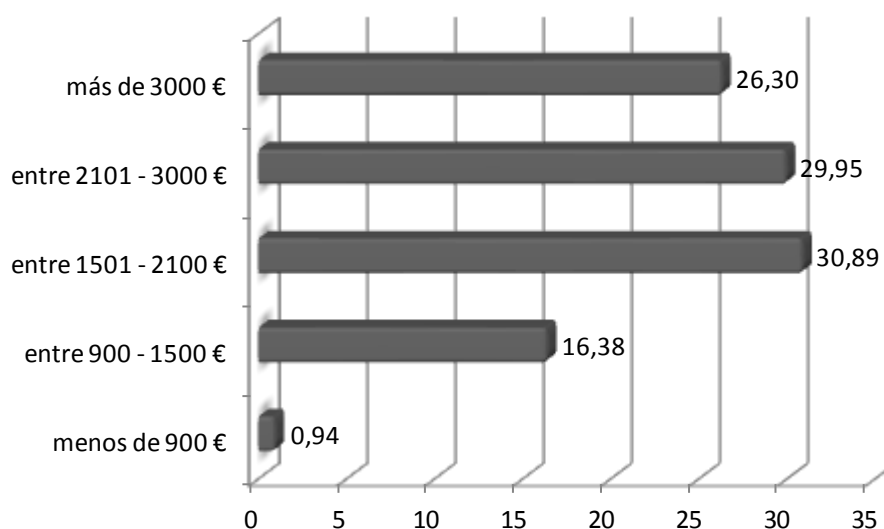


Figura 10. Variación de la renta neta en el hogar (%).

1.2. Frecuencia de consumo, de cortes y usos de la carne de vacuno

Para analizar la frecuencia de consumo de carne de vacuno se consideran consumidores frecuentes a aquellos encuestados que consumen carne de vacuno una vez por semana o más de una vez por semana. Por el contrario, se consideran consumidores poco frecuentes a los que compran dos o tres veces al mes o menos de una vez al mes. De acuerdo con esa clasificación, el 70% de los encuestados serían consumidores frecuentes frente al 30% que serían poco frecuentes (Tabla 32). Y con la misma clasificación, la proporción de los consumidores frecuentes de la carne de vacuno ocupa el primer lugar entre los consumidores frecuentes de la carne de los rumiantes y el cuarto tras los de pollo, pescado y cerdo (Tabla 32).

En cuanto a las frecuencias del consumo de los cortes y tipos de carne de vacuno (Tabla 33), el lomo ocupa el primer lugar con un porcentaje de 33,9% de consumo con una margen de 19,1 puntos porcentuales al segundo corte que es solomillo (14,8% de consumo) mientras que la tapa ocupa el último con un porcentaje del 1,7%. La carne más consumida con mucha diferencia es para la plancha (84,71%) (Tabla 34) y comprada al corte (Tabla 35).

Tabla 32. Frecuencia de consumo de carne de diferentes especies (% de consumidores).

| | Vacuno | Ovino | Caprino | Conejo | Pollo | Cerdo | Pescado |
|----------------------|--------|-------|---------|--------|-------|-------|---------|
| Más de 1 vez / sem | 32,8 | 9,2 | 0,9 | 2,5 | 63 | 39 | 49,2 |
| 1 vez / sem | 36,1 | 21 | 0 | 10,2 | 30,3 | 34,7 | 32,2 |
| 2 -3 veces/ mes | 23,5 | 31,9 | 6,8 | 25,4 | 3,4 | 16,9 | 12,7 |
| Menos de 1 vez / mes | 6,7 | 31,9 | 28,2 | 41,5 | 2,5 | 7,6 | 5,1 |
| Nunca | 0,8 | 5,9 | 64,1 | 20,3 | 0,8 | 1,7 | 0,8 |

Sem: Semana.

Tabla 33. Frecuencia de consumo de carne de vacuno de diferentes cortes.

| Corte | Porcentaje de consumo (%) | Corte | Porcentaje de consumo (%) |
|-----------|---------------------------|------------|---------------------------|
| Solomillo | 14,8 | Tapa | 1,7 |
| Lomo | 33,9 | Aguja | 10,4 |
| Cadera | 8,7 | No me fijo | 12,2 |
| Babilla | 9,6 | Otros | 3,5 |
| Redondo | 5,2 | | |

Tabla 34. Frecuencia de consumo de carne de vacuno de diferentes tipos.

| Tipo de carne | Porcentaje de consumo (%) |
|-----------------|---------------------------|
| Para guisar | 7,66 |
| Para la plancha | 84,71 |
| Para empanar | 5,04 |
| Para asar | 0,81 |
| Picada | 2,52 |

Tabla 35. Frecuencia de compra de carne de vacuno en diferente tipo de envase.

| Tipo de envase | Porcentaje de compra (%) |
|----------------------------------|--------------------------|
| Al corte | 63,53 |
| Envasada al vacío | 6,76 |
| Envasada en atmósfera modificada | 23,70 |
| Envasada en film | 6,76 |

1.3. Conocimiento, compra y grado de importancia de marcas de calidad

Las marcas más conocidas son Mercadona, Auchan y Ternera gallega IGP con una frecuencia superior al 80% de encuestados que las conocen, seguido de Eroski, Carne de Ávila IGP, Ternera de Asturias IGP y Pirenaria con una frecuencia entre 50% y 80%. Por último las marcas menos conocida por los encuestados son C'Alial, Villa del Monte y Carne de Extremadura IGP. La marca más conocida (Mercadona) es la más comprada pero la relación entre el conocimiento y la compra no es proporcional. Esto se observa en el mayor conocimiento de la marca Carne de Ávila IGP frente a la marca Pirenaria pero la frecuencia de compra es mucho más en esta última marca. Lo mismo

sucede entre Pirenaria y las marcas Auchan, Ternera Gallega IGP y Eroski, que no se diferencian en la frecuencia de compra, mientras que la frecuencia de conocimiento es mucho menor en Pirenaria que las otras (Tabla 36). Entre los encuestados hay un 74,52% que están dispuestos a pagar más por carne de vacuno con marca de calidad (Tabla 37). Además, el 81,38% de los consumidores de la muestra asociaron la marca de calidad de carne al mejor sabor (Tabla 38). Sin embargo no son muchos los que se fijan en la marca a la hora de comprar (Tabla 39).

Tabla 36. Frecuencia de conocimiento y de compra de diferentes marcas de carne de vacuno.

| Marca | Conoce (%) | Compra (%) | Marca | Conoce (%) | Compra (%) |
|--------------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| Ternera Gallega IGP | 82,78 | 38,38 | C'Alial | 13,34 | 6,42 |
| Carne de Ávila IGP | 68,03 | 16,97 | Pirenaria | 52,66 | 33,93 |
| Ternera de Asturias IGP | 57,85 | 16,37 | Mercadona | 93,62 | 57,10 |
| Carne de Extremadura IGP | 28,55 | 3,52 | Auchan | 83,79 | 35,69 |
| Villa del Monte | 21,56 | 12,31 | EROSKI | 76,31 | 29,95 |

Tabla 37. Consumidores (%) que pagarían más por carne de vacuno con marca de calidad (%).

| Totalmente en desacuerdo | Bastante en desacuerdo | Indiferente | Bastante de acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------------------------|------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| 1,71 | 6,76 | 17,75 | 49,11 | 25,41 |

Tabla 38. Consumidores (%) que opinan que la carne dentro de una Indicación Geográfica Protegida tiene mejor sabor.

| Totalmente en desacuerdo | Bastante en desacuerdo | Indiferente | Bastante de acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------------------------|------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| 1,71 | 3,43 | 14,42 | 41,55 | 39,83 |

Tabla 39. Consumidores (%) que se fijan en la marca al comprar carne de vacuno.

| Totalmente en desacuerdo | Bastante en desacuerdo | Indiferente | Bastante de acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------------------------|------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| 9,28 | 18,66 | 30,55 | 23,70 | 18,66 |

1.4. Importancia del sistema de producción en la carne de vacuno

La Tabla 40 muestra que una proporción superior al 60% de los encuestados prefirieron la carne de los animales alimentados con pasto y a otros 25% no les importa el sistema de producción, sin embargo solo un 36,41% de ellos se fijan en el sistema de producción al comprar la carne (Tabla 41).

Tabla 40. Consumidores (%) que prefieren la carne de vacuno de animales alimentados con pasto.

| Totalmente en desacuerdo | Bastante en desacuerdo | Indiferente | Bastante de acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------------------------|------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| 3,43 | 9,28 | 25,41 | 29,65 | 33,08 |

Tabla 41. Consumidores (%) que se fijan en el sistema de producción al comprar carne de vacuno (%).

| Totalmente en desacuerdo | Bastante en desacuerdo | Indiferente | Bastante de acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------------------------|------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| 13,51 | 21,18 | 29,65 | 23,70 | 12,71 |

CONCLUSIONES

En las condiciones de este trabajo, con el material y métodos utilizados, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- La utilización de silo de maíz al 70% en la dieta de cebo no perjudica al potencial productivo de los terneros de cebo, por lo tanto se recomendaría su uso dependiendo del aspecto económico y la disponibilidad.
- Las dietas de cebo analizadas no influyen en la composición química de la carne en las tres piezas comerciales, pero la inclusión de silo modifica el perfil de ácidos grasos de modo que aumentan los AGPI y disminuyen los AGMI.
- La oxidación lipídica se afecta más por el tipo de envasado que por la alimentación estudiada. En el caso de la exposición de la carne en MAP se recomendaría un tiempo de 7 días que se asocia a un nivel aceptable de oxidación y un color atractivo para los consumidores.
- La terneza del músculo LD se vio afectada por la alimentación, puesto que a tiempos de maduración de 7 días en vacío en pieza entera la carne de animales alimentados con silo es más tierna que la de aquellos alimentados sólo con pienso. Sin embargo, estas diferencias no se vieron en los músculos ST y PP.
- La calidad sensorial de la carne se mejoró por el uso de silo de maíz, especialmente en las piezas nobles como el lomo que guardó su aspecto visual un día más en silo que en pienso. En cuanto a la aceptación general tras su consumo, la aceptabilidad de la terneza y del sabor del LD son superiores al resto de músculos analizados por los consumidores sobre todo en la carne de los animales de silo, y esto fortalecería el interés del consumidor hacia la carne de los animales alimentados con silo.
- Todo ello demuestra que el cebo con silo de maíz puede ser una alternativa que permite responder a las exigencias de calidad del mercado y de los consumidores de carne de vacuno.

Bibliografía

- Aalhus, J.L., Price, M.A. (1991). Endurance-exercised growing sheep: I. post-mortem and histological changes in skeletal muscles. *Meat Science*, 29: 43-56.
- Aaslyng, M.D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H.C., Andersen, H.J. (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference*, 14: 277-288.
- Abbot, M.T., Pearson, A.M., Price, J.F., Hooper, G.R. (1977). Ultrastructural changes during autolysis of red and white porcine muscle. *Journal of Food Science*, 42: 1185-1188.
- Albertí, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Negueruela, I., Olleta, J.L., Mamaqui, E. Campo, M.M., Alvarez, F.S. (1995a). Calidad de la carne de terneros de raza Parda Alpina y Pirenaica cebados con pienso rico en gluten feed y mandioca. En: ITEA, 630-632. Zaragoza.
- Albertí, P., Sañudo, C., Santolaria, P. (1995b). Sistemas intensivos de cebo de terneros en España. El cebo de terneros con heno de alfalfa complementado con pienso y el cebo de terneros con silo de maíz complementado con pienso. *Bovis*, 63: 53-74.
- Albertí, P. (2000). Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medición del color. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera nº 1: 11-16.
- Albertí, P., Sañudo, C., Olleta, J.L., Campo, M.M., Panea, B., Lahoz, F., Tena, R., Jaime, S., Pardos, J.J. (2001). Producción y rendimiento carnicero de siete razas bovinas españolas faenadas a distintos pesos. *Informaciones Técnicas*, 101: 1-16.
- Albertí, P., Ripoll, G., Goyache, F., Lahoz, F., Olleta, J.L., Panea, B., Sañudo, C. (2005). Carcass characterisation of seven Spanish beef breeds slaughtered at two commercial weights. *Meat Science*, 71: 514-521.
- Albrecht, E., Teuscher, F., Ender, K., Wegner, J. (2006). Growth and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *Journal of Agricultural and Food Science*, 84: 1067-1075.
- Alfaia, C.P.M., Alves, S.P., Martins, S.I.V., Costa, A.S.H., Fontes, C.M.G.A., Lemos, J.P.C., Bessa, R.J.B., Prates, J.A.M. (2009). Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*, 114: 939-946.
- Alfonso, M. (2000). Caracterización sensorial y aceptabilidad de la carne de doce tipos ovinos representativos de distintos sistemas de producción europeos. PhD Tesis. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. 338 pp.

- Archile-Contreras, A.C., Mandell, I.B., Purslow, P.P. (2010). Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Science*, 86: 491-497.
- Avilés, C., Martínez, A.L., Domenech, V., Peña, F. (2015). Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. *Meat Science*, 107: 94-103.
- Ba, H.V., Park, K., Dashmaa, D., Hwang, I. (2014). Effect of muscle type and vacuum chiller aging period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef. *Animal Science Journal*, 85: 164-73.
- Bak, L.S., Andersen, A.B., Andersen, E.M., Bertelsen, G. (1999). Effect of modified atmosphere packaging on oxidative changes in frozen stored cold water shrimp (*pandalus borealis*). *Food Chemistry*, 64: 169-75.
- Bao, Y., Erthjerg, P. (2015). Relationship between oxygen concentration, shear force and protein oxidation in modified atmosphere packaged pork. *Meat Science*, 110: 174-179.
- Beauchesne-Rondeau, É., Gascon, A., Bergeron, J., Jacques, H. (2003). Plasma lipids and lipoproteins in hypercholesterolemic men fed a lipid-lowering diet containing lean beef, lean fish, or poultry. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77: 587-593.
- Behrends, J.M., Mikel, W.B., Armstrong, C.L., Newman, M.C. (2003). Color stability of semitendinosus, semimembranosus, and biceps femoris steaks packaged in a high-oxygen modified atmosphere. *Journal of Animal Science*, 81: 2230-2238.
- Bekhit, A.E.D., Faustman, C. (2005). Metmyoglobin reducing activity. *Meat Science*, 71: 407-439.
- Belew, J.B., Brooks, J.C., McKenna, D.R., Savell, J.W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64: 507-12.
- Berthiaume, R., Lafrenière, C., Girard, C., Campbell, C.P., Pivotto, L.M., Mandell, I.B. (2015). Effects of forage silage species on yearling growth performance, carcass and meat quality, and nutrient composition in a forage based beef production system. *Canadian Journal of Animal Science*, 95: 173-187.
- Bidner, T.D., Schupp, N.R., Mohamad, A.B., Rumore, N.C., Montgomery, R.E, Bagley, C.P., McMillin, K.W. (1986). Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Hereford-Brahman steers finished on all forage or a high energy diet. *Journal of Animal Science*, 62: 381-387.
- Biesalki, H.K. (2005). Meat as a component of a healthy diet are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70: 509-524.

- Bjorklund, E.A., Heins, B.J., Dicostanzo, A., Chester-Jones, H. (2014). Fatty acid profiles, meat quality, and sensory attributes of organic versus conventional dairy beef steers. *Journal of Dairy Science*, 97: 1828-1834.
- Bodas, R., Posado, R., Bartolomé, D.J., Tabernero de Paz, M.J., Herráiz, P., Rebollo, E., Gómez, L.J., García, J.J. (2014). Ruminant pH and temperature, papilla characteristics, and animal performance of fattening calves fed concentrate or maize silage-based diets. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74: 280-285.
- BOE. (1967). Real decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. *Boletín Oficial del Estado*, nº 248-253, de 17/10/1967 a 23/10/1967.
- Bouton, P.E., Harris, P.V. (1972). The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. *Journal of Food Science*, 37: 140-144.
- Brackebusch, S.A., McKeith, F.K., Carr, T.R., McLaren, D.G. (1991). Relationship between longissimus composition and the composition of other major muscles of the beef carcass. *Journal of Animal Science*, 69: 631-40.
- Brewer, M.S., Novakofski, J. (1999). Cooking rate, pH and final endpoint temperature effects on color and cook loss of a lean ground beef model system. *Meat Science*, 52: 433-451.
- Brondani, I.L., Sampaio, A.A.M., Restle, J., Alves Filho, D.C., Freitas, L., da S., Amaral, G.A.do., Silveira, M.F.D., Cezimbra, I.M. (2006). Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35: 2034-2042.
- Callejas-Cárdenas, A.R., Caro, I., Blanco, C., Villalobos-Delgado, L.H., Prieto, N., Bodas, R., Giráldez, F.J., Mateo, J. (2014). Effect of vacuum ageing on quality changes of lamb steaks from early fattening lambs during aerobic display. *Meat Science*, 98: 646-651.
- Campo, M.M., Sañudo, C., Panea, B., Alberti, P., Santolaria, P. (1999a). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 51: 383-390.
- Campo, M.M. (1999b). Influencia de la raza sobre la textura y las características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración. PhD Thesis, Universidad de Zaragoza.
- Campo, M.M., Santolaria, P., Sañudo, C., Lepetit, J., Olleta, J.L., Panea, B., Albertí, P. (2000). Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 55: 371-378.
- Campo, M.M. (2005). Consumidores. En: Cañeque, V. y Sañudo, C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne

- y grasa) en los rumiantes. Madrid. Monografías INIA: serie ganadera nº 1: 412-415.
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D., Richardson, R.I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72: 303-311.
- Campo, M., Brito, G., de Lima, J.M.S., Martins, D.V., Sañudo, C., Julián, R.S., Hernández, P., Montossi, F. (2008). Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Meat Science*, 80: 753-760.
- Campo, M.M., Muela, E., Olleta, J.L., Moreno, L.A., Santaliestra-Pasías, A.M., Mesana, M.I., Sañudo, C. (2013). Influence of cooking method on the nutrient composition of Spanish light lamb. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31: 185-190.
- Caplis, J., Keane, M.G., Moloney, A.P., O'Mara, F.P. (2005). Effects of supplementary concentrate level with grass silage, and separate or total mixed ration feeding, on performance and carcass traits of finishing steers. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 44: 27-43.
- Cardenia, V., Olivero, G., Rodriguez-Estrada, M.T. (2015). Thermal oxidation of cholesterol: preliminary evaluation of 2-methyl-6-heptanone and 3-methylbutanal as volatile oxidation markers. *Steroids*, 99: 161-171.
- Casasús, I., Ripoll, G., Albertí, P. (2012). Inclusión de silo de maíz en las dietas de cebo de terneras: rendimientos técnico-económicos y calidad de la canal y de la carne. *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria*, 108: 191-206.
- Cerdeño, A., Vieira, C., Serrano, E., Lavín, P., Mantecón, A.R. (2006). Effects of feeding strategy during a short finishing period on performance, carcass and meat quality in previously-grazed young bulls. *Meat Science*, 72: 719-26.
- Chambres, P., Plane, B., Bernard, P., Reymond, F. (1999). Attention à l'histoire des individus qui jugent. *Viandes et Produits Carnés*, 20: 69-74.
- Chaze, T., Hocquette, J.F., Meunier, B., Renand, G., Jurie, C., Chambon, C., Journaux, L., Rousset, S., Denoyelle C., Lepetit, J., Picard, B. (2013). Proteomics in Foods, 2: 127-146.
- Cheng, Q., Sun, D.-W. (2008). Factors affecting the water holding capacity of red meat products: a review of recent research advances. *Food Science and Nutrition*, 48: 137-159.
- Chríki, S., Picard, B., Jurie, C., Reichstadt, M., Micol, D., Brun, J.-P., Journaux, L., Hocquette, J.-F. (2012). Meta-analysis of the comparison of the metabolic and contractile characteristics of two bovine muscles: longissimus thoracis and semitendinosus. *Meat Science*, 91: 423-429.

- Chriki, S., Renand, G., Picard, B., Micol, D., Journaux, L., Hocquette, J.F. (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, 155: 424-434.
- Christensen, M., Ertbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R.I., Nute, G.R., Olleta, J.L., Panea, B., Albertí, P., Juárez, M., Hocquette, J.F., Williams, J.L. (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87: 61-65.
- CIE. (1978). Recommendations on uniform color spaces-color differences equations psychometric color terms. Commission International de l'Eclairage. París. Supplement n° 2 CIE publication n° 15.
- Clydesdale, F.M. (1991). Color perception and food quality. *Journal of Food Quality*, 14: 61-74.
- Cofrades, S., Carballo, J., Jiménez-Colmenero, F. (1997). Heating rate effects on high-fat and low-fat frankfurters with a high content of added water. *Meat Science*, 47: 105-114.
- Colle, M.J., Richard, R.P., Killinger, K.M., Bohlscheid, J.C., Gray, A.R., Loucks, W.I., Day, R.N., Cochran, A.S., Nasados, J.A., Doumit, M.E. (2015). Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the gluteus medius and longissimus lumborum. *Meat Science*, 110: 32-39.
- Costa, A.S.H, Costa, P., Bessa, R.J.B., Lemos, J.P.C., Simões, J.A., Santos-Silva, J., Fontes, C.M.G.A., Prates, J.A.M. (2013). Carcass fat partitioning and meat quality of Alentejana and Barrosã young bulls fed high or low maize silage diets. *Meat Science*, 93: 405-412.
- Coulon, J.B., Priolo, A. (2002). La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *INRA Productions Animales*, 15: 333-342.
- Cozzi, G., Brscic, M., Boukha, A., Da Ronch, F., Tenti, S., Gottardo, F. (2010). Comparison of two feeding finishing treatments on production and quality of organic beef. *Italian Journal of Animal Science*, 9: 404-409.
- Cross, H.R., Carpenter, Z.L., Smith, C.C. (1973). Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 38: 998-1003.
- Daley, C.A, Abbott, A. Doyle, P.S., Nader, G.A., Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9:1-12.
- Damasio, M.H., Costell, E. (1991). Análisis sensorial descriptivo, generación de descriptores y selección de catadores. *Revista Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*, 31: 165-178.

- Dannenberger, D., Nuernberg, G., Scollan, N., Schabbel, W., Steinhart, H., Ender, K., Nuernberg, K. (2004). Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic and C18:1trans fatty acid isomers in muscle lipids of German Holstein bulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6607-6615.
- Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G., Scollan, N., Steinhart, H., Ender, K. (2005). Effect of pasture vs. concentrate diet on CLA isomer distribution in different tissue lipids of beef cattle. *Lipids*, 40: 589-598.
- Dashdorj, D., Oliveros, M.C.R., Hwang, I.-H. (2012). Meat quality traits of longissimus muscle of Hanwoo steers as a function of interaction between slaughter endpoint and chiller ageing. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32: 414-427.
- Daza, A., Rey, A.I., Lopez-Carrasco, C., Lopez-Bote, C.J. (2014). Influence of feeding system on growth performance, carcass characteristics and meat and fat quality of Avileña-Negra Ibérica calves' breed. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12: 409.
- De la Fuente, J., Díaz, M.T., Alvarez, I., Oliver, M.A., Font I Furnols, M., Sañudo, C., Campo, M.M., Montossi, F., Nute, G.R., Cañeque, V. (2009). Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Science*, 82: 331-337.
- De Smet, S., Raes, K., Demeyer, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: A review. *Animal Research*, 53: 81-98.
- Den Hertog-Meischke, M.J.A., Van Laack, R.J.L.M., Smulders, F.J.M. (1997). The water-holding capacity of fresh meat. *Veterinary Quarterly*, 19: 175-181.
- Descalzo, A.M., Insani, E.M., Biolatto, A., Sancho, A.M., García, P.T., Pensel, N.A., Josifovich, J.A. (2005). Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentinian beef. *Meat Science*, 70: 35-44.
- Díez, J., Del Coz, J.J., Bahamonde, A., Sañudo, C., Olleta, J.L., Macie, S., Campo, M.M., Panea, B., Albertí, A. (2006). Identifying market segments in beef: breed, slaughter weight and ageing time implications. *Meat Science*, 74: 667-675.
- Dransfield, E., Francombe, M.A., Whelehan, O.P. (1984). Relationships between sensory attributes in cooked meat. *J. Text. Studies*, 15: 337-356.
- Du Plessis, I., Hoffman, L.C. (2007). Effect of slaughter age and breed on the carcass traits and meat quality of beef steers finished on natural pastures in the arid subtropics of south africa. *South African Journal of Animal Science*, 37: 143-153.
- Duckett, S.K., Neel, J.P.S., Lewis, R.M., Fontenot, J.P., Clapham, W.M. (2013). Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 91: 1454-1467.

- Duynisveld, J.L., Charmley, E., Mir, P., (2006). Meat quality and fatty acid composition of pasture-finished beef steers fed barley and soybeans. *Canadian Journal of Animal Science*, 86: 535-545.
- Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A.H., Kluitman, I., Houben, J.H., Klont, R.E. (2000). Effect of dietary vitamin E supplementation on beef colour stability. *Meat Science*, 54: 17-22.
- Enser, M., Hallett, K.G., Hewett, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D., Harrington, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49: 329-341.
- Enser, M., Scollan, N., Gulati, S., Richardson, I., Nute, G., Wood, J. (2001). The effects of ruminally-protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. *Proceedings of the 47th International Congress of Meat Science and echnology*, 1: 12-13. Citado por (Wood et al., 2004).
- Eritsland, J. (2000). Safety considerations of polyunsaturated fatty acids. En: *American Journal of Clinical Nutrition*, 71: 197S-201S.
- Farouk, M.M., Hall, W.K., Swan, J.E. (2000). Attributes of beef sausages, batters, patties and restructured roasts from two boning systems. *Journal of Muscle Foods*, 11: 197-212.
- Faucitano, L., Chouinard, P.Y., Fortin, J., Mandell, I.B., Lafrenière, C., Girard, C.L., Berthiaume, R. (2008). Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. *Journal of Animal Science*, 86: 1678-1689.
- Faustman, C., Cassens, R.G. (1991). The effect of cattle breed and muscle type on discoloration and various biochemical parameters in fresh beef. *Journal of Animal Science*, 69: 184-93.
- Faustman, C. (1994). Postmortem changes in muscle foods. En: *Muscle foods: Meat, poultry and seafood technology* (D.M. Kinsman, A.W. Kotula & B.C. Breidenstein, eds.). Ed. Chapman & Hall, New York and London. 573pp.
- Faustman, C., Chan, W.K.M., Lynch, M.P., Joo, S.T. (1996). Strategies for increasing oxidative stability of fresh meat colour. In *Reciprocal Meat Conference Proceedings*, 73-79. Brigham Young University. Utah.
- Fernández, J., Pérez-Alvarez, J.A., Fernández-lópez, J.A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food chemistry*, 59: 345-353.
- Font i Furnols, M., San Julián, R., Guerrero, L., Sañudo, C., Campo, M.M., Olleta, J.L., Oliver, M.A., Cañeque, V., Álvarez, I., Díaz, M.T., Branscheid, W., Wicke, M., Nute, G.R., Montossi, F. (2006) Acceptability of lamb meat from different

- producing systems and ageing time to German, Spanish and British consumers. *Meat Science*, 72: 545-554.
- Food Advisory Committee. (1990) Report on review of food labelling and advertising. Her Majesty's Stationery Office, London (1990). (Alfaia *et al.*, 2009)
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A. (1979). *Fundamentos de ciencia de la carne*. Ed. Acribia, Zaragoza, 364 pp.
- Franco, D., Bispo, E., González, L., Vázquez, J.A., Moreno, T. (2009). Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Friesian cull cows. *Meat Science*, 83: 484-491.
- Franco, D., González, L., Bispo, E., Latorre, A., Moreno, T., Sineiro, J., Sánchez, M. and Núñez, M.J. (2012). Effects of calf diet, antioxidants, packaging type and storage time on beef steak storage. *Meat Science*, 90: 871-880.
- Fraqueza, M.J., Barreto, A.S. (2009). The effect on turkey meat shelf life of modified-atmosphere packaging with an argon mixture. *Poultry Science*, 88: 1991-1998.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P. (2000a). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78: 2849-2855.
- French, P., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Vidal, M., Mooney, M.T., Troy, D.J., Moloney, A.P. (2000b). Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science*, 56: 173-180.
- French, P., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Mooney, M.T., Troy, D.J., Moloney, A.P. (2001). The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science*, 57: 379-386.
- Fuentes, V., Estévez, M., Ventanas, J., Ventanas, S. (2014). Impact of lipid content and composition on lipid oxidation and protein carbonylation in experimental fermented sausages. *Food Chemistry*, 147: 70-77.
- Gandemer, G. (1999). Lipids and meat quality: lipolysis, oxidation, Maillard reaction and flavor. *Science Aliments*, 19: 439-458.
- Gao, X., Xie, L., Wang, Z., Li, X., Luo, H., Ma, C., Dai, R. (2013). Effect of postmortem time on the metmyoglobin reductase activity, oxygen consumption, and colour stability of different lamb muscles. *European Food Research and Technology*, 236: 579-587.
- Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H., Renner, M. (2005). Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 69: 175-186.

- Geesink, G., Robertson, J., Ball, A. (2015). The effect of retail packaging method on objective and consumer assessment of beef quality traits. *Meat Science*, 104: 85-89.
- Giddings, G.G. (1977). Symposium: The basis of quality in muscle foods. The basis of color in muscle foods. *Journal of Food science*, 42: 288-294.
- Gobert, M., Gruffat, D., Habeanu, M., Parafita, E., Bauchart, D., Durand, D. (2010). Plant extracts combined with vitamin RE in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. *Meat Science*, 85: 676-683.
- González-Calvo, L., Ripoll, G., Molino, F., Calvo, J.H., Joy, M. (2015). The relationship between muscle α -tocopherol concentration and meat oxidation in light lambs fed vitamin E supplements prior to slaughter. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 103-110.
- Grobbe, J.P., Hunt, M.C., Seyfert, M., Drouillard, J.S. (2008). Effects of dietary ground flaxseed on colour and lipid stability in beef *Longissimus dorsi*. 52nd International Congress of Meat Science and Technology, 167-168.
- Guerrero, L. (2001). Los estudios de consumidores en carne fresca. *Eurocarne*, 93: 59-63.
- Guerrero, L. (2005). Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid. Monografías INIA, serie ganadera nº 1: 397-408.
- Hansen, S., Therkildsen, M., Byrne, D.V. (2006). Effects of a compensatory growth strategy on sensory and physical properties of meat from young bulls. *Meat Science*, 74: 628-643.
- Hanzelková, Š., Simeonovová, J., Hampel, D., Dufek, A., Šubrt, J. (2011). The effect of breed, sex and aging time on tenderness of beef meat. *Acta Veterinaria Brno*, 80: 191-196.
- Harper, G.S., Pethick, D.W. (2004). How might marbling begin? *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44: 653.
- Hernández-Gimeno, J.M. (2002). Calidad de los alimentos de origen animal: ¿qué significado tiene para el consumidor español del siglo XXI? *Eurocarne*, 106: 33-44.
- Hill, J.O., Melanson, E.L. (1999). Overview of the determinants of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31: S515-S521.
- Hopkins, D.L., Taylor, R.G. (2004). Post-mortem muscle proteolysis and meat tenderness. M. Everts, M. te Pas, H. Haagsman (Eds.), *Muscle development of livestock animals: Physiology, genetics, and meat quality*, CAB International, 363-388.

- Hopkins, D.L., Allingham, P.G., Colgrave, M., Van de Ven, R.J. (2013). Interrelationship between measures of collagen, compression, shear force and tenderness. *Meat Science*, 95: 219-223.
- Hoving-Bolink, A.H, Hanekamp, W.J.A., Walstra, P. (1999). Effects of diet on carcass, meat and eating quality of once-bred Piemontese x Friesian heifers. *Livestock Production Science*, 57: 267-272.
- Huff-Lonergan, E., Zhang, W., Lonergan, S.M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle - lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86: 184-195.
- Hughes, J.M., Kearney, G., Warner, R. D. (2014a). Improving beef meat colour scores at carcass grading. *Animal Production Science*, 54: 422.
- Hughes, J.M., Oiseth, S.K., Purslow, P.P., Warner, R.D. (2014b). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98: 520-532.
- Humada, M.J., Serrano, E., Sañudo, C., Rolland, D.C., Dugan, M.E.R. (2012). Production system and slaughter age effects on intramuscular fatty acids from young Tudanca bulls. *Meat Science*, 90: 678-685.
- Humada, M.J., Sañudo, C., Serrano, E. (2014). Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, 96: 908-915.
- Hunt, M.C., Hedrick, H.B. (1977). Profile of fiber types and related profiles of five bovine muscles. *Journal of Food Science*, 42: 513-517.
- Huuskonen, A., Jansson, S., Honkavaara, M., Tuomisto, L., Kauppinen, R., Joki-Tokola, E. (2010). Meat colour, fatty acid profile and carcass characteristics of Hereford bulls finished on grazed pasture or grass silage-based diets with similar concentrate allowance. *Livestock Science*, 131: 125-129.
- Iacurto, M., Settineri, D., Mormile, M., Di Giacomo, A. (2005). Effects of packaging techniques, freezing temperature and storage time on beef shelf life. In *Italian Journal of Animal Science*, 4: 275-277.
- Illiams, C.M.W. (2000). Dietary fatty acids and human health. *Sciences-New York*, 49: 165-180.
- Insani, E.M., Eyherabide A., Grigioni, G., Sancho, A.M., Pensel, N.A., Descalzo, AM. (2008). Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79: 444-452.

- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A., Alberti, P., Lizaso, L., Hernandez, B. (1999). Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science*, 53: 241-249.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A., Alberti, P., Gorraiz, C., Alzueta, M. (2001). Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Science*, 57: 273-281.
- Insausti, K., Beriain, M., Alzueta, M., Carr, T., Purroy, A. (2004). Lipid composition of the intramuscular fat of beef from Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Science*, 66: 639-646.
- Insausti, K., Goñi, V., Petri, E., Gorraiz, C., Beriain, M.J. (2005). Effect of weight at slaughter on the volatile compounds of cooked beef from Spanish cattle breeds. *Meat Science*, 70: 83-90.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Lizaso, G., Carr, T.R., Purroy, A. (2008). Multivariate study of different beef quality traits from local Spanish cattle breeds. *Animal*, 2: 447-458.
- Isanchou, S. (1996). Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. *Meat Science*, 43: S5-S19.
- Ismail, H.A., Lee, E.J., Ko, K.Y., Ahn, D.U. (2008). Effects of aging time and natural antioxidants on the color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Meat Science*, 80: 582-591.
- Jakobsen, M., Bertelsen, G. (2000). Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Science*, 54: 49-57.
- Jakobsen, M., Bertelsen, G. (2002). The use of CO₂ in packaging of fresh red meats and its effect on chemical quality changes in the meat: A review. *Journal of Muscle Foods*, 13: 143-168.
- Juárez, M., Basarab, J.A., Baron, V.S., Valera, M., Larsen, I.L., Aalhus, J.L. (2012). Quantifying the relative contribution of ante- and post-mortem factors to the variability in beef texture. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 6: 1878-1887.
- Juniper, D.T., Browne, E.M., Fisher, A.V., Bryant, M.J., Nute, G.R., Beever, D.E. (2005). Growth, carcass composition and meat quality of steers fed diets based on varying proportions of maize silage and grass silage. Juniper, D.T., Browne, E.M., Fisher, A.V., Bryant, M.J., Nute, G.R., Beever, D.E. (2007). Intake, growth and meat quality of steers given diets based on varying proportions of maize silage and grass silage. *Animal Science*, 81: 159-170.

- Jurie, C., Picard, B., Hocquette, J.-F., Dransfield, E., Micol, D., Listrat, A. (2007). Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows. *Meat Science*, 77: 459-466.
- Kalač, P. (2011). The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chemistry*, 125: 307-317.
- Kamal-Eldin, A., Yanishlieva, N.V. (2002). N-3 fatty acids for human nutrition: stability considerations. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104: 825-836.
- Kanner, J. (1994). Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. *Meat Science*, 36: 169-189.
- Keane, M.G., Drennan, M.J., Moloney, A.P. (2006). Comparison of supplementary concentrate levels with grass silage, separate or total mixed ration feeding, and duration of finishing in beef steers. *Livestock Science*, 103: 169-180.
- Keane, M.G., Moloney, A.P. (2009). A comparison of finishing systems and duration for spring-born Aberdeen Angus×Holstein-Friesian and Belgian Blue×Holstein-Friesian steers. *Livestock Science*, 124: 223-232.
- Kemp, C.M., Sensky, P.L., Bardsley, R.G., Buttery, P.J., Parr, T. (2010). Tenderness-an enzymatic view-. *Meat Science*, 84: 248-256.
- Kim, Y.H., Huff-Lonergan, E., Sebranek, J.G., Lonergan, S.M. (2010). High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization. *Meat Science*, 85: 759-767.
- King, D.A., Shackelford, S.D., Kuehn, L.A., Kemp, C.M., Rodriguez, A.B., Thallman, R.M., Wheeler, T.L. (2010). Contribution of genetic influences to animal-to-animal variation in myoglobin concentration and beef lean color stability. *Journal of Animal Science*, 88: 1160-1167.
- King, D.A., Shackelford, S.D., Wheeler, T.L. (2011). Relative contributions of animal and muscle effects to variation in beef lean color stability. *Journal of Animal Science*, 89: 1434-1451.
- King, D.A., Shackelford, S.D., Kalchayanand, N., Wheeler, T.L. (2012). Sampling and aging effects on beef longissimus color stability measurements. *Journal of Animal Science*, 90: 3596-3605.
- Klont, R.E., Brocks, L., Eikelenboom, G. (1998). Muscle fibre type and meat quality. *Meat Science*, 49, 219-229
- Koch, R.M., Cundiff, L.V., Gregory, K.E. (1982). Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. *Journal of Animal Science*, 55: 1319-1329.

- Kögel, J., Augustini, C., Pickl, M., Edelmann, P. (1998). Einfluß von grassilage, heu und maissilage auf die fleischqualität von mastfärsen. *Zuchtungskunde*, 70: 185-195.
- Koohmaraie, M., Geesink, G.H. (2006). Contribution of post-mortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74: 34-43.
- Koop, J., Bonnet, M. (1982). Le tissu conjonctif musculaire. *Bulletin Technique Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix-INRA*, 48: 34-37.
- Köster, E.P. (1990). Les épreuves hédoniques. En: *Evaluation sensorielle. Manuel méthodologique*. (SSHA e ISHA, coords.). Ed. Technique & Documentation Lavoisier, Paris. 352 pp.
- Lagerstedt, A., Lundström, K., Lindahl, G. (2011). Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef M. longissimus dorsi steaks after different ageing times. *Meat Science*, 87: 101-106.
- Lawrie, R.A. (1998). *Ciencia de la carne*. 3ª edición. Ed. Acribia, Zaragoza, 367 pp.
- Lawrie, R.A., Ledward, D.A. (2006). The structure and Growth of muscle: Lawrie's *Meat Science*. 7th Ed. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England: 42-74, 75-127.
- Lee, M.R.F., Evans, P.R., Nute, G.R., Richardson, R.I., Scollan, N.D. (2009). A comparison between red clover silage and grass silage feeding on fatty acid composition, meat stability and sensory quality of the M. Longissimus muscle of dairy cull cows. *Meat Science*, 81: 738-744.
- Lee, M.S., Apple, J.K., Yancey, J.W.S., Sawyer, J.T., Johnson, Z.B. (2008). Influence of wet-aging on bloom development in the longissimus thoracis. *Meat Science*, 80: 703-707.
- Leheska, J.M., Thompson, L.D., Howe, J.C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J.C., Shriver, B., Hoover, L., Miller, M.F. (2008). Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*, 86: 3575-3585.
- Lehmkuhler, J.W., Ramos, M.H. (2008). Comparison of dairy beef genetics and dietary roughage levels. *Journal of Dairy Science*, 91: 2523-2531.
- Lepetit, J. (1988). Influence de l'anisotropie et de l'état d'étirement du muscle sur l'analyse des fibres musculaires et conjonctives par une méthode de compression sinusoidale. *Industries Alimentaires et Agricoles*, 6: 526-529.
- Lepetit, J., Culioli, J. (1994). Analyse mécanique des différentes structures de la viande. *Viandes et Produits Carnés*, 9: 221-225.

- Li, C.B., Zhou, G.H., Xu, X.L. (2007). Comparisons of meat quality characteristics and intramuscular connective tissue between beef longissimus dorsi and semitendinosus muscles from Chinese yellow bulls. *Journal of Muscle Foods*, 18: 143-161.
- Li, L., Zhu, Y., Wang, X., He, Y., Cao, B. (2014). Effects of different dietary energy and protein levels and sex on growth performance, carcass characteristics and meat quality of F1 Angus \times Chinese Xiangxi yellow cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5: 21.
- Li, L.Q., Zan, L.S. (2011). Distinct physic-chemical characteristics of different beef from Qinchuan cattle carcass. *African Journal of Biotechnology*, 10: 7253-7259.
- Lindahl, G., Lagerstedt, A., Ertbjerg, P., Sampels, S., Lundström, K. (2010). Ageing of large cuts of beef loin in vacuum or high oxygen modified atmosphere--effect on shear force, calpain activity, desmin degradation and protein oxidation. *Meat Science*, 85: 160-166.
- Liu, Q., Scheller, K.K., Arp, S.C., Schaefer, D.M., Frigg, M. (1996). Colour coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef colour stability. *Journal of Animal Science*, 74: 106-113.
- Lorenzen, C.L., Golden, J.W., Martz, F.A., Grün, I.U., Ellersieck, M.R., Gerrish, J.R., Moore, K.C. (2007). Conjugated linoleic acid content of beef differs by feeding regime and muscle. *Meat Science*, 75: 159-167.
- Lorenzo, J.M., Pateiro, M., Franco, D. (2013). Influence of muscle type on physicochemical and sensory properties of foal meat. *Meat Science*, 94: 77-83.
- Lorenzo, J.M., Domínguez, R. (2014). Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure. *Flavour and Fragrance Journal*, 29: 240-248.
- Łozicki, A., Dymnicka, M., Arkuszewska, E., Pustkowiak, H. (2012). Effect of pasture or maize silage feeding on the nutritional value of beef. *Annals of Animal Science*, 12: 81-93.
- Łozicki, A., Dymnicka, M. (2014). Effect of beef from grass or maize silage and concentrate fed cattle on lipid metabolism and antioxidative status of rats. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23: 45-51.
- Lu, L.Q., Tian, W.Q., Zan, K.S. (2011). Effects of age on quality of beef from Qinchuan cattle carcass. *Agricultural Sciences in China*, 10: 1765-1771.
- Lucero-Borja, J., Pouzo, L.B., de la Torre, M.S., Langman, L., Carduza, F., Corva, P.M., Santini, F.J., Pavan, E. (2014). Slaughter weight, sex and age effects on beef shear force and tenderness. *Livestock Science*, 163: 140-149.

- Luciano, G., Monahan, F.J., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., Priolo, A. (2009). Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science*, 82: 193-199.
- Lund, M.N., Heinonen, M., Baron, C.P., Estévez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55: 83-95.
- Lundesjö Ahnström, M., Hessle, A., Johansson, L., Hunt, M.C., Lundström, K. (2012). Influence of slaughter age and carcass suspension on meat quality in Angus heifers. *Animal : An International Journal of Animal Bioscience*, 6: 1554-1562.
- Lynch, A., Buckley, D.J., Galvin, K., Mullen, A.M., Troy, D.J., Kerry, J.P. (2002). Evaluation of rib steak colour from Friesian, Hereford and Charolaise heifers pastured or overwintered prior to slaughter. *Meat Science*, 61: 227-232.
- MacDougall, D.B. (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9: 75-88.
- Mach, N., Bach, A., Realini, C.E., Font I Furnols, M., Velarde, A., Devant, M. (2009). Burdizzo pre-pubertal castration effects on performance, behaviour, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Meat Science*, 81: 329-334.
- Mancini, R.A., Hunt, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71: 100-121.
- Maqsood, S., Benjaku, S. (2011). Comparative studies on molecular changes and pro-oxidative activity of haemoglobin from different fish species as influenced by pH. *Food Chemistry*, 124: 875-883.
- Marino, R., Albenzio, M., Della Malva, A., Santillo, A., Loizzo, P., Sevi, A. (2013). Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science*, 95: 281-287.
- Marino, R., Albenzio, M., Girolami, A., Muscio, A., Sevi, A., Braghieri, A. (2006). Effect of forage to concentrate ratio on growth performance, and on carcass and meat quality of Podolian young bulls. *Meat Science*, 72: 415-424.
- Martens, H., Stabursvik, E., Martens, M. (1982). Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins1. *J.Texture Stud*, 13: 291-309.
- Martínez-Cerezo, S. (2005). Calidad instrumental y sensorial de la carne ovina. Influencia de la raza, del peso al sacrificio y del tiempo de maduración. PhD thesis. Universidad de Zaragoza. 290 pp.
- McKenna, D.R., Mies, P.D., Baird, B.E., Pfeiffer, K.D., Ellebracht, J.W., Savell, J.W. (2005). Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science*, 70: 665-682.

- McMillin, K.W. (2008). Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80: 43-65.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Renerre, M. (2004). Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet. *Meat Science*, 66: 467-473.
- Miller, R.K. (1994). Sensory methods to evaluate muscle foods. En: *Muscle foods: Meat, poultry and seafood technology*. (D.M. Kinsman, A.W. Kotula & B.C. Breidenstein, eds.). Ed. Chapman & Hall, New York and London. 573 pp.
- Minchin, W., Buckley, F., Kenny, D.A., Monahan, F.J., Shalloo, L., O'Donovan, M. (2009). Effect of grass silage and concentrate based finishing strategies on cull dairy cow performance, carcass and meat quality characteristics. *Meat Science*, 81: 93-101.
- Mohan, A., Hunt, M.C., Muthukrishnan, S., Barstow, T.J., Houser, T.A. (2010). Myoglobin redox form stabilization by compartmentalized lactate and malate dehydrogenases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 7021-7029.
- Moloney, A.P., Keane, M.G., Dunne, P.G., Mooney, M.T., Troy, D.J. (2008). Effect of concentrate feeding pattern in a grass silage/concentrate beef finishing system on performance, selected carcass and meat quality characteristics. *Meat Science*, 79: 355-364.
- Moloney, A.P., Mooney, M.T., Kerry, J.P., Stanton, C., O'Kiely, P. (2013). Colour of fat, and colour, fatty acid composition and sensory characteristics of muscle from heifers offered alternative forages to grass silage in a finishing ration. *Meat Science*, 95: 608-615.
- Monsón, F., Sañudo, C., Sierra, I. (2005). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71: 471-479.
- Monin, (1981) *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science* 10, 63 pp. Hood, D.E, Tarrant, P.V., Martinus Nijhoff, The Hague. (Talmant *et al.*, 1986)
- Moreno, L.A., Rodríguez, G. (2007). Dietary risk factors for development of childhood obesity. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 10: 336-341
- Muela, E., Monge, P., Sañudo, C., Campo, M.M., Beltrán, J.A. (2015). Meat quality of lamb frozen stored up to 21 months: instrumental analyses on thawed meat during display. *Meat Science*, 102: 35-40.
- Muir, P.D., Deaker, J.M., Bown, M.D. (1998). Effects of forage- and grain-based feeding systems on beef quality: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41: 623-635.

- Muramoto, T., Higashiyama, M., Kondo, T. (2005). Effect of pasture finishing on beef quality of Japanese shorthorn steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18: 420-426.
- Nishimura, T. (2015). Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and postmortem aging of meat. *Meat Science*, 109: 48-55.
- Norma Internacional ISO 5492. 1992. Sensory Analysis. Vocabulary.
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N.D., Wood J.D., Nute G.R., Richardson, R.I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94: 137-147.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., Kerry, J.P. (2002). Grass silage versus maize silage effects on retail packaged beef quality. *Journal of Animal Science*, 80: 1556-1563.
- O'Sullivan, A., Galvin, K., Moloney, A., Troy, D., O'Sullivan, K., Kerry, J. (2003). Effect of pre-slaughter rations of forage and/or concentrates on the composition and quality of retail packaged beef. *Meat Science*, 63: 279-286.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., Kerry, J.P. (2004). Influence of concentrate composition and forage type on retail packaged beef quality. *Journal of Animal Science*, 82: 2384-2391.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., Kerry, J.P. (2002). Grass silage versus maize silage effects on retail packaged beef quality. *Journal of Animal Science*, 80: 1556-1563.
- Offer, G., Cousins, T. (1992). The mechanism of drip production: Formation of two compartments of extracellular space in muscle post mortem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58: 107-116.
- Oilic, S., Lemoine, E., Gros, J.-B., Kondjoyan, A. (2011). Kinetic analysis of cooking losses from beef and other animal muscles heated in a water bath--effect of sample dimensions and prior freezing and ageing. *Meat Science*, 88: 338-346.
- Oliete, B., Carballo, J.A., Varela, A., Moreno, T., Monserrat, L., Sánchez, L. (2006). Effect of weaning status and storage time under vacuum upon physical characteristics of meat of the Rubia Gallega breed. *Meat Science*, 73: 102-108.
- Oliver, M.A., Nute, G.R., Font i Furnols, M., San Julián, R., Campo, M.M., Sañudo, C., Cañeque, V., Guerrero, L., Alvarez, I., Díaz, M.T., Branscheid, W., Wicke, M., Montossi, F. (2006). Eating quality of beef from different production systems, assessed by German, Spanish and British consumers. *Meat Science*, 74: 435-442.

- Ouali, A. (1990). La maturation des viands: facteurs biologiques et technologiques de variation Viandes et Produits Carnés, 11: 281-290.
- Page, J.K., Wulf, D.M., Schwotzer, T.R. (2001). A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79: 678-687.
- Palka, K., Daun, H. (1999). Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Science*, 51: 237-243.
- Panelay, P.J. (1985). Méthodes et appareils de mesure de la couleur. Viandes et Produits Carnés, 6: 74-75.
- Paredi, G., Raboni, S., Bendixen, E., de Almeida, A.M., Mozzarelli, A. (2012). Muscle to meat molecular events and technological transformations: The proteomics insight. *Journal of Proteomics*, 75: 4275-4289.
- Park, B.Y., Seong, P.N., Ba, H. Van, Park, K.M., Cho, S.H., Moon, S. S., Kang, G. H. (2015). Tenderization potential of Hanwoo beef muscles from carcasses with differed genders and loin intramuscular fat content levels during post mortem ageing. *Animal Science Journal*, 86: 646-654.
- Partida, J.A., Olleta, J.L., Sañudo, C., Albertí, P., Campo, M.M. (2007). Fatty acid composition and sensory traits of beef fed palm oil supplements. *Meat Science*, 76: 444-454.
- Patino, H.O., Medeiros, F.S., Pereira, C.H., Swanson, K.C., McManus, C. (2015). Productive performance, meat quality and fatty acid profile of steers finished in confinement or supplemented at pasture. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 9: 966-972.
- Pedersen, D.K., Morel, S., Andersen, H.J., Balling Engelsen, S. (2003). Early prediction of water-holding capacity in meat by multivariate vibrational spectroscopy. *Meat Science*, 65: 581-592.
- Pereira, A.S.C., Sobral, P.J.A., Leme, P.R., Silva, S.L. (2008). Physical and chemical characteristics of frozen ground beef and aged beef meat from *Bos indicus* steers supplemented with α -tocopherol acetate. *Italian Journal of Food Science*, 20: 419-425.
- Pérez-Alvarez, J.A., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, M.E., Cartagena-Graciua, R. (1998). Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne*, 63: 115-122.
- Picouet, P.A., Fernandez, A., Realini, C.E., Lloret, E. (2014). Influence of PA6 nanocomposite films on the stability of vacuum-aged beef loins during storage in modified atmospheres. *Meat Science*, 96: 574-580.
- Piedrafita, J., Quintanilla, R., Sañudo, C., Olleta, J.-L., Campo, M.M., Panea, B., Renand, G., Turin, F., Jabet, S., Osoro, K., Oliván, M.C., Noval, G., García, P.,

- García, M.D., Oliver, M.A., Gispert, M., Serra, X., Espejo, M., García, S., López, M., Izquierdo, M. (2003). Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the southwest of Europe in their typical production systems. *Livestock Production Science*, 82: 1-13.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50: 185-200.
- Puolanne, E., Halonen, M. (2010). Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Science*, 86: 151-165.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113: 199-221.
- Raharjo, S., Sofos, J.N. (1993). Metodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: a review. *Meat Science*, 35: 145-169.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Dalla Rizza, M., De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66: 567-577.
- Realini, C.E., Kallas, Z., Pérez-Juan, M., Gómez, I., Olleta, J.L., Beriain, M.J., Albertí, P., Sañudo, C. (2014). Relative importance of cues underlying Spanish consumers' beef choice and segmentation, and consumer liking of beef enriched with n-3 and CLA fatty acids. *Food Quality and Preference*, 33: 74-85.
- Renerre, M. (1981). La couleur de la viande et sa mesure. *Viandes et Produits Carnés*, 2: 10-16.
- Renerre, M., Mazuel, J.P. (1985). Relations entre méthodes de mesures instrumentales et sensorielles de la couleur de la viande. *Sciences des Aliments*, 5: 541-557.
- Renerre, M. (1986). Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. *Bulletin Technique Centre de Reserches Zootechniques et Vétérinaires de Theix-INRA*, 65: 41-45.
- Renerre, M., Labadie, J. (1993). Fresh red meat packaging and meat quality. Review paper. *Proceedings of International Congress of Meat Science and Technology*, 39th ICoMST, Calgary, AB, Canada, 8:361-389.
- Resconi, V.C., Campo, M.M., Font i Furnols, M., Montossi, F., Sañudo, C. (2010). Sensory quality of beef from different finishing diets. *Meat Science*, 86: 865-869.
- Resconi, V.C., Escudero, A., Beltrán, J.A., Olleta, J.L., Sañudo, C., Campo, M.M. (2012). Color, lipid oxidation, sensory quality and aroma compounds of beef

- steaks displayed under different levels of oxygen in a modified atmosphere package. *Journal of Food Science*, 77: 10-18.
- Rezende, P.L. de P., Restle, J., Fernandes, J.J. de R., Neto, M.D. de F., Prado, C.S., Pereira, M.L.R. (2012). Características da carcaça e da carne de novilhos mestiços submetidos a diferentes estratégias nutricionais na recría e terminação. *Ciencia Rural*, 42: 875-881.
- Ripoll, G., Albertí, P., Casasús, I., Blanco, M. (2013). Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Science*, 93: 336-343.
- Ripoll, G., Blanco, M., Albertí, P., Panea, B., Joy, M., Casasús, I. (2014). Effect of two Spanish breeds and diet on beef quality including consumer preferences. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94: 983-992.
- Risvik, E. (1994). Sensory properties and preferences. *Meat Science*, 36: 67-77.
- Rowe, L.J., Maddock, K.R., Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E. (2004). Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of μ -calpain. *Journal of Animal Science*, 82: 3254-3266.
- Rowe, R.W. (1989). Electron microscopy of bovine muscle: II-The effects of heat denaturation on post rigor sarcolemma and endomysium. *Meat Science*, 26: 281-294.
- Salé, P. (1971). Proc. 17th Eur. Meet. Meat Res. Workers, 1: 35. Salé, P. (1980). Que peut-on attendre des méthodes instrumentales d'évaluation de la tendreté de la viande? *Bulletin Technique Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix-INRA*, 40: 19-26.
- Sañudo, C., Macie, E.S., Olleta, J.L., Villarroel, M., Panea, B., Albertí, P. (2004). The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 66: 925-932.
- Sasaki, K., Mitsumoto, M., Kawabata, K. (2001). Relationship between lipid peroxidation and fat content in Japanese Black beef Longissimus muscle during storage. *Meat Science*, 59: 407-410.
- Savage, A.W., Warriss, P.D., Jolley, P.D. (1990). The amount and composition of the proteins in drip from stored pig meat. *Meat Science*, 27: 289-303.
- Schreurs, N.M., Garcia, F., Jurie, C., Agabriel, J., Micol, D., Bauchart, D., Listrat, A., Picard, B. (2008). Meta-analysis of the effect of animal maturity on muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. *Journal of Animal Science* 86: 2872-2887.
- Scollan, N., Hocquette, J.-F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the

- nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74: 17-33.
- Serra, X., Guerrero, L., Guàrdia, M.D., Gil, M., Sañudo, C., Panea, B., Campo, M.M., Olleta, J.L., García-Cachán, M.D, Piedrafita, J., Oliver, M.A. (2008). Eating quality of young bulls from three spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Science*, 79: 98-104.
- Seyfert, M., Mancini, R.A., Hunt, M.C., Tang, J., Faustman, C. (2007). Influence of carbon monoxide in package atmospheres containing oxygen on colour, reducing activity, and oxygen consumption of five bovine muscles. *Meat Science*, 75: 432-42.
- Shakelford, S.D., Koohmaraie, M., Miller, M.F., Crouse, J.D., Reagan, J.O. (1991). An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. *Journal of Animal Science*, 69: 171-177.
- Silveira, M.F., Brondani, I.L., Arboitte, M.Z., Alves Filho, D.C., Restle, J., Pizzuti, L.A.D., Luz, T.R.R., Retore, M. (2009). Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos Charolês e Nelore que receberam diferentes proporções de concentrado na dieta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 61: 467-674.
- Skibsted, L.H., Mikkelsen, A., Bertelsen, G. (1998). Lipid derived off-flavours in meat. In F. Shahidi (Ed.), *Flavour of meat, meat products and seafoods* (2nd ed., pp. 217-256). London: Blackie Academic & Professional.
- Steen, R.W.J., Kilpatrick, D.J. (2000). The effects of the ratio of grass silage to concentrates in the diet and restricted dry matter intake on the performance and carcass composition of beef cattle. *Livestock Production Science*, 62: 181-192.
- Štercová, E., Krása, A., Lepková, R., Šterc, J. (2008). The evaluation of growth and selected carcass and meat quality parameters in fattening bulls fed a diet based on concentrates or maize silage. *Czech Journal of Animal Science*, 53: 368-376.
- Stolowski, G.D., Baird, B.E., Miller, R.K., Savell, J.W., Sams, A.R., Taylor, J.F., Sanders, J.O., Smith, S.B. (2006). Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science*, 73: 475-483.
- Suman, S.P., Rentfrow, G., Nair, M.N., Joseph, P. (2014). Early Career Achievement Award-proteomics of muscle- and species-specificity in meat color stability. *Journal of Animal Science*, 92: 875-882.
- Swatland, H.J. (1991). *Estructura y desarrollo de los animales de abasto*. Ed. Acribia, Zaragoza.

- Talmant, A., Monin, G., Briand, M., Dadet, M., Briand, Y. (1986). Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Science*, 18: 23-40.
- Tansawat, R., Maughan, C.A.J., Ward, R.E., Martini, S., Cornforth, D.P. (2013). Chemical characterisation of pasture- and grain-fed beef related to meat quality and flavour attributes. *International Journal of Food Science & Technology*, 48: 484-495.
- Taylor, S.A. (1996). Basic consideration in meat packaging. In: *Meat quality and meat packaging*. Edited by Taylor, S.A., Raimundo, A., Severini, M. and Smulders, F.J.M. ECCEAMAST.
- Tome, D. (2012). Criteria and markers for protein quality assessment - a review. *British Journal of Nutrition*, 108: S222-S229.
- Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70: 493-508.
- Torrescano, G., Sánchez-Escalante, A., Giménez, B., Roncalés, P., Beltrán, J. A. (2003). Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64: 85-91.
- Touraille, C. (1980). La degustation de la viande et des produits carnés. Première partie. *Viandes et Produits Carnés*, 1: 12-17.
- Touraille, C. (1982). La tendreté de la viande et des produits carnés. Seconde partie. *Viandes et Produits Carnés*, 2: 29-34.
- Turner, T., Hesse, A., Lundström, K., Pickova, J. (2011). Silage-concentrate finishing of bulls versus silage or fresh forage finishing of steers: Effects on fatty acids and meat tenderness. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 61: 103-113.
- Turner, T.D., Jensen, J., Pilfold, J.L., Prema, D., Donkor, K.K., Cinel, B., Thompson, D.J., Dugan, M.E.R., Church, J.S. (2015). Comparison of fatty acids in beef tissues from conventional, organic and natural feeding systems in western Canada. *The Canadian Journal of Animal Science*, 95: 49-58.
- Ursin, G., Zeigler, R.G., Subar, A.F., Graubard, B.I., Haile, L.W., Hoover, R. (1993). Dietary patterns associated with a low fat diet in the national health examination follow up study: identification of potential confounders for epidemiological analysis. *American Journal of Epidemiology*, 137: 916-917.
- Van Elswyk, M.E., McNeill, S.H. (2014). Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: the U.S. experience. *Meat Science*, 96: 535-540.
- Varela, A. (2002). Estudio de las variables que afectan a la producción del tipo “cebón”. PhD thesis. Universidad de Santiago de Compostela.

- Varela, A., Oliete, B., Moreno, T., Portela, C., Monserrat, L., Carballo, J.A., Sánchez, L. (2004). Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Science*, 67: 515-522.
- Vaz, F.N., Restle, J. (2005). Carcass and meat characteristics of Hereford steers finished in feedlot with different roughage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34: 230-238.
- Velik, M., Steinwidder, A., Frickh, J.J., Ibi, G., Kolbe-Römer, A. (2008). Effect of ration, sex and breed on carcass performance and meat quality of cattle from suckler cow systems. *Zuchtungskunde*, 80: 378-388.
- Velik, M., Gangnat, I., Kitzer, R., Finotti, E., Steinwidder, A. (2013a). Fattening heifers on continuous pasture in mountainous regions -implications for productivity and meat quality. *Czech Journal of Animal Science*, 58: 360-368.
- Velik, M., Friedrich, E.M., Häusler, J., Steinwidder, A. (2013b). Heifer fattening on continuous grazing or in barn - Impact on fattening performance, carcass and meat quality. *Zuchtungskunde*, 85: 206-215.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., Henckel, P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54: 177-185.
- Vitale, M., Pérez-Juan, M., Lloret, E., Arnau, J., Realini, C.E. (2014). Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Science*, 96: 270-277.
- Vladimirov, Y.A., Olenov, V.I., Suslova, T.B., Cheremisina, Z.P. (1980). Lipid peroxidation in mitochondrial membrane. *Advances in Lipid Research*, 17: 173-249.
- Walsh, K., O'Kiely, P., Moloney, A.P., Boland, T.M. (2008). Intake, performance and carcass characteristics of beef cattle offered diets based on whole-crop wheat or forage maize relative to grass silage or ad libitum concentrates. *Livestock Science*, 116: 223-236.
- Warner, R.D., Kauffman, R.G., Russel, R.L. (1993). Quality attributes of major porcine muscles: A comparison with the Longissimus Lumborum. *Meat Science*, 33: 359-372.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Nute, G.R., Hughes, S.I., Wood, J.D., Richardson, R.I. (2008a). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Science*, 78: 270-278.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S.I., Richardson, R.I., Wood, J.D. (2008b). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in

- cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78: 256-269.
- Wegner, J., Albrecht, E., Fiedler, I., Teuscher, F., Papstein, H.J., Ender, K. (2000). Growth-and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*, 78: 1485-1496.
- WHO (World Health Organization). (2004). Global Strategy on diet and Physical Activity. World Health Assembly 57.17. Geneva.
- Williams, C.M. (2000). Dietary fatty acids and human health. *Annales Zootechnie*, 49: 165-180.
- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64: S113-S119.
- Williamsoms, C.S., Foster, R.K., Stanner, S.A., Buttris, J.L. (2005). Red meat in the diet British Nutrition Foundation, *Nutrition Bulletin*, 30: 323-335.
- Wissmer-Pedersen, J. (1994). Química de los tejidos animales. Parte 5. Agua. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A., Nute, G.R., Richardson, R.I., Sheard, P.R. (1999). Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58: 363-370.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. (2004). Effects of fatty acid on meat quality: a review. *Meat Science*, 66: 21-32.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science*, 78: 343-358.
- Xiong, Y.L. (2000). Protein oxidation and implications for muscle food quality. In: Antioxidants in Muscle Foods. E. A. Decker, C. Faustman, and C. J. Lopez-Bote, eds. Wiley, New York, 85-111.
- Yi, G., Grabe, A.V., Bjelanovic, M., Slinde, E., Olsen, K., Langsrud O., Phung, V.T., Haug, A., Oostindjer, M., Egelanddal, B. (2015). Lipid oxidation in minced beef meat with added Krebs cycle substrates to stabilise colour. *Food Chemistry*, 187: 563-571.
- Younathan, M.T., Watts, B. (1959). Relationship of meat pigments to lipid oxidation. *Food Research*, 24: 728-734. (Wood et al., 2004).
- Young, O.A., Bass, J.J. (1984). Effect of castration on bovine muscle composition. *Meat Science*, 11: 139-156.

- Young, O.A., Priolo, A., Simmons, N.J., West, J. (1999). Effects of rigor attainment temperature on meat blooming and colour on display. *Meat Science*, 52: 47-56.
- Zakrys, P.I., Hogan, S.A., O'Sullivan, M.G., Allen, P., Kerry, J.P. (2008). Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. *Meat Science*, 79: 648-655.
- Zakrys, P.I., O'Sullivan, M.G., Allen, P., Kerry, J.P. (2009). Consumer acceptability and physiochemical characteristics of modified atmosphere packed beef steaks. *Meat Science*, 81: 720-725.
- Zakrys-Waliwander, P.I., O'Sullivan, M.G., Allen, P., O'Neill, E.E., Kerry, J.P. (2010). Investigation of the effects of commercial carcass suspension (24 and 48 h) on meat quality in high oxygen modified atmosphere packed beef steaks during chill storage. *Food Research International*, 43: 277-284.

ANEXOS

ANEXO -I-

APRECIACIÓN VISUAL

NOMBRE:

MÚSCULO:

FECHA:

Valore la aceptabilidad de la carne (1, muy mala; 9 muy buena) y su opción de compra para cada bandeja

| Bandeja | Aceptabilidad |
|---------|---------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | |
| 21 | |
| 22 | |
| 23 | |
| 24 | |

[illegible]

ANEXO -II-

DEGUSTACIÓN DE CARNE DE VACUNO

Consumidor ____

PLATO:

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

ACEPTABILIDAD GENERAL

| | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Me gusta extremadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta moderadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta ligeramente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada ligeramente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada moderadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada extremadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ACEPTABILIDAD DE LA TERNEZA

| | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Me gusta extremadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta moderadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta ligeramente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada ligeramente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada moderadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada extremadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ACEPTABILIDAD DEL SABOR

| | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Me gusta extremadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta moderadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta ligeramente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada ligeramente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada moderadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada extremadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ANEXO -III-

ENCUESTA A CONSUMIDORES DE CARNE DE VACUNO

Fecha: _____

Nº Encuesta: _____

1. ¿Indique la frecuencia de consumo de carne fresca?

| | Más de 1 vez / sem | 1 vez / sem | 2-3 veces al mes | Menos de 1 vez / mes | Nunca |
|---------|--------------------|-------------|------------------|----------------------|-------|
| Vacuno | | | | | |
| Ovino | | | | | |
| Caprino | | | | | |
| Conejo | | | | | |
| Pollo | | | | | |
| Cerdo | | | | | |
| Pescado | | | | | |

2. ¿Es usted que realiza la compra habitual en el lugar?

☐ SI ☐ NO

3. ¿Cuáles el corte de carne que más consume?

☐ Solomillo ☐ Lomo ☐ Cadera ☐ Babilla ☐ Redondo ☐ Tapa ☐ Aguja ☐ No me fijo

☐ Otros...

4. ¿Cuáles el tipo de carne de vacuno que más consume?

☐ Para guisar ☐ Para la plancha ☐ Para empanar ☐ Para asar ☐ Picada

5. Habitualmente compro carne de vacuno

☐ Al corte ☐ Envasada al vacío ☐ Envasada en atmósfera modificada ☐ Envasados en film

6. ¿Conoce y compra carne de las siguientes marcas? (marca SI o NO)

| Marca | Conoce | Compro | Marca | Conoce | Compro |
|--------------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| Ternera gallega IGP | | | C*Alial | | |
| Carne de Ávila IGP | | | Pirenaria | | |
| Ternera de Asturias IGP | | | Mercadona | | |
| Carne de Extremadura IGP | | | Auchan | | |
| Villa del Monte | | | EROSKI | | |

7. Indique su nivel de acuerdo con las siguientes propuestas, marcando con "X" la casilla adecuada:
 (1= Totalmente en desacuerdo, 2 = Bastante en desacuerdo, 3 = Indiferente, 4 = Bastante de acuerdo,
 5 = Totalmente de acuerdo).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| A Estoy dispuesto a pagar más por carne de vacuno con marca de calidad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| B De la carne Con IGP espero mejor sabor | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| C Me fijo en la marca al comprar carne de vacuno | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| D Me fijo en el sistema de producción al comprar carne de vacuno | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| E Compro la carne de vacuno porque es más sana | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| F Prefiero la carne de vacuno de animales alimentados con pasto | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ANEXO -III-

ENCUESTA A CONSUMIDORES DE CARNE DE VACUNO

Fecha: _____

Nº Encuesta: _____

8. **Género:** ☐ Masculino ☐ Femenino9. **Edad:** _____

10. ¿Cuántos miembros hay en su hogar (incluido usted)?

11. ¿De las personas que viven en su hogar, ¿cuántas personas de edad menos de 18 años?

12. ¿Podría decirnos su nivel de formación/estudios?

☐ Primarios ☐ Secundarios ☐ Universitarios o Superiores

13. ¿Podría indicar los ingresos mensuales aproximadamente?

☐ < 900 € ☐ 900 a 1500 € ☐ 1501 a 2100 € ☐ 2101 a 3000 € ☐ > 3000 €14. **Actividad laboral:**☐ Ama de casa ☐ Asalariado ☐ Estudiante ☐ Empresario ☐ Jubilado☐ Otras situaciones:

